202－14　有明ヘドロの非排水セン断強さに対する先行載荷効果　555

熊本大学　正員　○　地圏芳人
熊本大学　正員　鈴木敦巳

まえがき

これまで火山灰質粘性土を中心に非排水先行載荷効果を報告してきた。[0,2] その結果、破壊強度に対しては、強度の変化はみられなかった。しかし、変形係数については、カオリン＞灰土＞黒ボクの順に増加がみられ、しかも繰返し載荷の方が静的持続載荷よりもその度合いが大きい。この変形係数の増加は土粒子の配向が原因と思われ結晶度の低い粘土鉱物を多量に含む黒ボク・赤ボクでは変形係数の増加がほとんどみられない。これに対し、粘土鉱物の主成分がイライトとこれまでの試料とは異なり、イオン濃度の高い海成軟弱地盤のヘドロの場合、自然含水比では三軸供試体は自立せず、他の試料に比較して破壊強度が小さい。このようなヘドロについて、非排水先行載荷を行なった場合、どのような現象を示すかを、カオリンの結果と比較検討を行なった。

表－1　物理的性質

試料名	ヘドロ
自然含水比	127.1(%)
比重	2.66
液性限界	110(%)
塑性指数	48
日本統一分類法	MH

試料および試験方法

試料のヘドロは佐賀県杵島郡福富町の有明干拓福富工区から採取したものである。物理的性質は表－1に示す。供試体は自然含水比状態のものを、圧密圧力49 kN/m² で一週間予備圧密したものを直径5cm，高さ12.5cmに成形した。

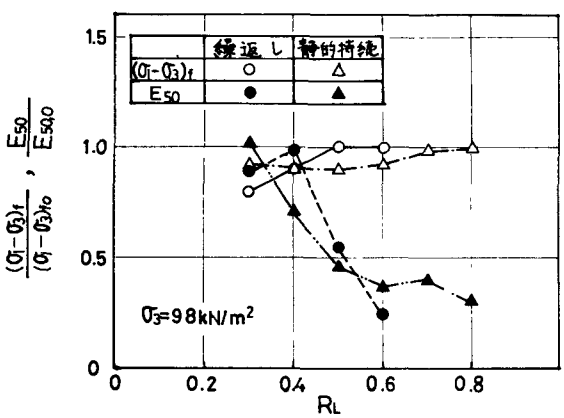
試験方法は三軸圧縮試験機を用いて、まず拘束圧 $\sigma_3=98\ kN/m^2$ で等方圧密を行なった後、非排水で先行載荷（繰返し載荷 10^5回・$f=1\ Hz$，静的持続載荷 $10^3\ min$）を行ない、その後非排水三軸圧縮試験を行なった。

表－2　供試体の諸元

	w (%)	γ_d(kN/m³)	e	Sr(%)	$(\sigma_1-\sigma_3)_{f0}$	$E_{50,0}$
試験前	90.8	7.64	2.42	99.8		
圧密後	74.9	8.72	1.99	100	117 kN/m²	24.1 MN/m²

試験結果および考察

非排水先行載荷後の非排水三軸圧縮強度を、先行載荷前（等方圧密非排水三軸圧縮強度）と比較したものが図－1である。破壊強度については、カオリンやその他の火山灰質粘性土と同様に、先行載荷による顕著な変化はみられない。しかし変形係数については、繰返し載荷の場合は荷重比（$R_L=\sigma_d/(\sigma_1-\sigma_3)_{f0}$）0.5，0.6と急激に減少し、それ以上では、繰返し載荷中に破壊に至ってしまう。また静的持続載荷の場合は荷重比0.4から減少するが、その度合は繰返し載荷より緩やかである。すなわち、ヘドロでは、カオリンやこれまでの火山灰質粘性土にみられた先行載荷による硬化現象は表われていない。つまり、カオリンでは変形係数が先行載荷によって6倍以上の硬化効果が現われたが、ヘドロの場合は劣化現象が起きている。ヘドロの場合は、自然含水比で液性指数が1.35と不安定であるが、試験前（等方圧密前）で0.60、等方圧密後0.27と圧密によってかなり安定した状態になる。しかし、等方圧密後の非排水三軸圧縮強度はカオリンの圧縮強度 $(\sigma_1-\sigma_3)_{f0}=260\ kN/m^2$ の1/2以下と小さく、安定した状態といっても破壊強度そのものは小さい。変形係数

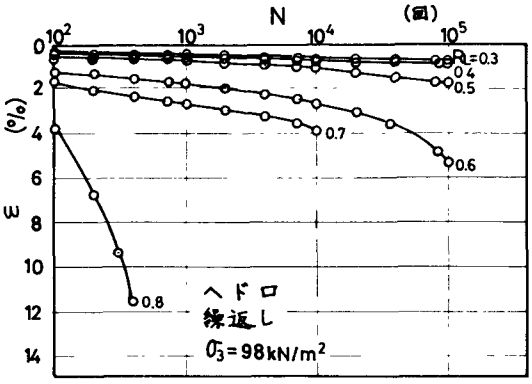


図－1　先行載荷後のセン断強度の変化

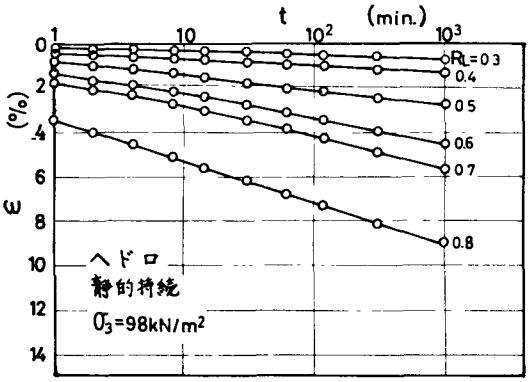
については カオリンの $E_{50,0}=5.7 MN/m^2$ に対し、2次粘土 MN/m^2 と非常に大きく、小さなヒズミに対しては強く粘着力が大きいことを示している。つまり、ヘドロは非晶物質が多いため、土粒子構造はカオリン等の結晶質粘土鉱物を主成分とするものよりも弱く、ある程度以上のヒズミに対しては粘着力が減少し破壊強度が弱くなると思われる。このことから、ヘドロの場合、先行載荷によって軸ヒズミが増加すると、土粒子間力（粘着力）が減少し、非晶物質が多いため、カオリンのようには、土粒子の配向が進まない。その結果、先行載荷後の変形係数は小さくなる。

次に、図－2の軸ヒズミ－載荷回数（ε-$\log N$）曲線をカオリンのそれと比較すると、大きな違いがある。それは、$N=10^2$回での軸ヒズミがカオリンの場合に比較して小さい。さらに ε-$\log N$ 曲線がカオリンの場合、下に凸の形を示し、ヘドロの場合は上に凸の形になり、まったく逆の形を示す。つまり、カオリンの場合は、結晶質の粘土鉱物を主成分としているため、土粒子の配向が比較的進みやすく、土の骨格構造が形成しても、その後、外力に対して安定した骨格構造を形成し得ると思われ、一方、ヘドロの場合、粘着力が強く、小さな外力に対しては、強くヒズミも小さいが、ある程度以上の外力が繰返されると徐々に軸ヒズミが大きくなり、土の骨格構造が乱れ、土粒子間力が減少するためさらに軸ヒズミが増大し、その結果、先行載荷後のセン断強度は図－1のようになる。

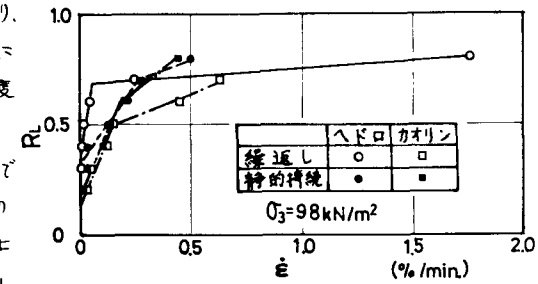
次に、図－4は $N=10^2\sim 2\times10^2$回、あるいは $t=1\sim2$ min. でのヒズミ速度をカオリンとヘドロについて比較したものである。ヘドロは降伏値以下では、カオリンに比してヒズミ速度が小さい、特に繰返し載荷の場合は小さい。しかし、載荷回数が多くなったり、載荷時間が長くなると、図－2と図－3から判断されるようにヒズミ速度はヘドロの方が大きくなる。このことからも、カオリンとヘドロの違いが明確になる。つまり、カオリンは結晶質の粘土鉱物を主成分としており、土粒子の配向が進みやすく、硬化効果が顕著である。一方、ヘドロはイオン濃度が高いため、土粒子間力が他のものよりも強く、圧密排水によってさらに粘着力が大きくなり、小さなヒズミに対しては強いが、ヒズミが大きくなると、土粒子間力が減少し、土粒子の配向が進まないため、セン断強度は低下すると考えられる。



図－2　軸ヒズミ－載荷回数の関係



図－3　軸ヒズミ－載荷時間の関係



図－4　荷重比とヒズミ速度の関係

参考文献

1) 北園・鈴木：「締固めた有機質火山灰土の変形特性に対する非排水先行載荷効果」土質工学会論文報告集、Vol. 19 No.3, Sept. 1979

2) 北園・鈴木：「火山砕屑岩風化土（灰土）の非排水先行載荷効果」土木学会第34回年次学術講演会講演集、1979