

繰返し荷重による飽和粘土の破壊挙動について

広島大学工学部 正会員 細干 寿夫
 広島大学大学院 学生員 ○森脇 武夫

1. まえがき

粘性土の繰返し載荷特性に関する研究は Hyde & Brown¹⁾等によって数多く報告されている。これらの研究では、載荷周期が0.1～1.0秒の非常に短い場合が大半であり、載荷周期の違いが変形および破壊に及ぼす影響についてはほとんど研究されていない。金属材料の繰返し載荷試験の場合、破壊に及ぼす載荷周期の影響はそれほど重要ではないが、粘性土の場合には、間ゲキ水圧の分散、ひずみの一様化に時間を要するため載荷周期の影響が考えられる。そこで本報告では、載荷周期10、60秒の比較的長い周期の繰返し載荷試験を行ない、載荷周期が繰返し載荷特性に及ぼす影響をクリープ特性と比較しながら検討したものである。

2. 実験方法

試料は福山粘土であり、その物理的性質は、 $G_s = 2.67$, $L.L. = 80.6\%$, $P.L. = 28.7\%$, $I.P. = 51.4$ である。試料を攪乱し、大型圧密箱で一次的に予圧密(0.4 kg/cm^2)したのち、高さ10cm、径5cmの供試体を作成した。供試体を三軸圧縮試験装置を用い、圧密圧力 0.5 kg/cm^2 で24時間等方圧密したのち、非排水状態で繰返し載荷試験を行った。載荷装置の概略は図-1に示す。モーターに接続されたベルトによってシャフトを回転させ、荷重をリミットスイッチ間で往復させることによって得られる周期的な荷重はコイルを通して供試体の軸方向に加えられる。この載荷波形は図-2に示すようであり、周期は10、60秒である。任意繰返し回数の載荷時の供試体に生じる全ひずみ、また除荷時の残留ひずみはダイヤルゲージによって測定され、試験中の軸圧縮力は載荷ピストン上部のロードセルで、供試体底部の間ゲキ水圧は半導体小型圧力変換器によってレコーダーに記録された。圧密および載荷試験中のバックプレッシャーは 0.5 kg/cm^2 を使用した。

3. 実験結果と考察

図-3、4は残留ひずみ増加率(1回の載荷で蓄積される残留ひずみ量)と繰返し回数の関係を載荷周期および荷重強度比で示したものである。ここで荷重強度比とは、繰返し載荷における最大主応力差 σ_d とひずみ制御式非排水圧縮試験から求めた圧縮強度 σ_{dmax} ($= 0.6 \text{ kg/cm}^2$)の比である。これらの図の飽和粘土が繰返し載荷によって破壊に至る過程は、Hyde & Brown¹⁾等によって指摘されるようにクリープ試験と類似している。まず載荷開始とともに瞬時ひずみが生じたのち、残留ひずみは徐々に蓄積される。この領域ではひずみ増加率は減少し、クリープ曲線の遷移クリープ領域に相当する。その後、ひずみ増加率の極小点(最少ひずみ増加率)が現われる。これはクリープ曲線の定常クリープ領域に相当する。その期間は非常に短かく、村松²⁾が指摘するように繰

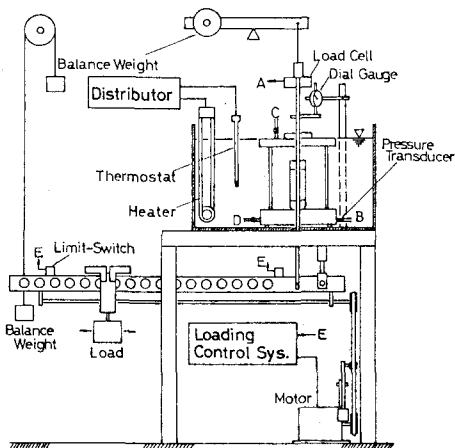


図-1. 実験装置

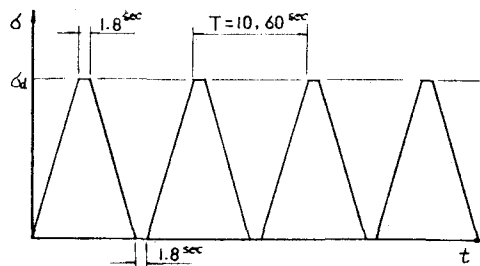


図-2. 載荷波形

返し試料の特性であると思われる。図-5は最少ひずみ増加率出現点のひずみと荷重強度比の関係を示し、最少ひずみ増加率が現われる時の残留ひずみは荷重強度比、載荷周期に依存せず約2.5%であった。その後残留ひずみは急増し、破壊に至る。この領域はクリープ曲線の加速クリープ領域に相当する。一方、破壊しない場合は、ひずみ増加率は減少し続け、残留ひずみは最少ひずみ増加率が現われる時のひずみ2.5%を越えることはない。クリープ試験の場合、最少ひずみ速度が現われる時のひずみは約4%であることを考え合せると、繰返し載荷の場合がひずみの小さな所から急速に破壊に至るため、土構造物の破壊の兆候を察知するうえでクリープ載荷の場合より危険であると考えられる。

図-6は荷重強度比と破壊時間の関係を示したものであり、荷重強度比と破壊時間の対数の間には近似的な線形関係がある。更に繰返し載荷試験とクリープ試験を比較すると、荷重強度比が大きい場合はクリープ試験が早く破壊するが、逆に小さい場合は繰返し載荷の方が早く破壊する。破壊するか否かの荷重強度比の限界点はクリープの場合約80%であり、繰返し載荷の場合、周期10、60秒でそれぞれ60~75、70~75%と推定できる。こうした現象が生じる原因として、荷重強度比が大きい時は除荷時間が存在するため繰返し載荷の方が破壊が遅くなり、荷重強度比が小さい時は除荷時間の効果より繰返しによる粘土の骨組構造の乱しの効果が卓越するため、繰返し載荷の方が破壊を起し易くなるとともに、載荷周期が短いほど破壊が早くなると考えられる。

4. あとがき

以上、比較的長い周期の繰返し載荷試験を行ない、載荷周期は飽和粘土の変形および破壊特性に影響を及ぼすことなど興味深い結果が得られた。今後、休止時間の影響、破壊予測の手段など研究を進める予定である。

4参考文献

- 1). Hyde, A.L. & Brown, S.F. *Geotechnique* 26, No.1, 1976, pp.173~184.
- 2). 村山 朗郎・栗原 則夫・関口 秀雄, 京大防災研究所年報第13号B, 昭和45年3月, pp.525~541.

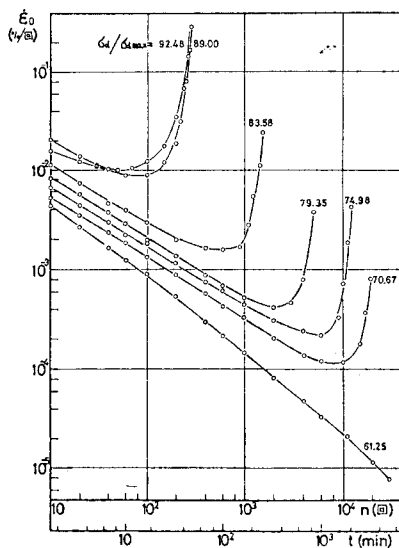


図-3. 残留ひずみ増加率～繰返し回数 (T=10 秒)

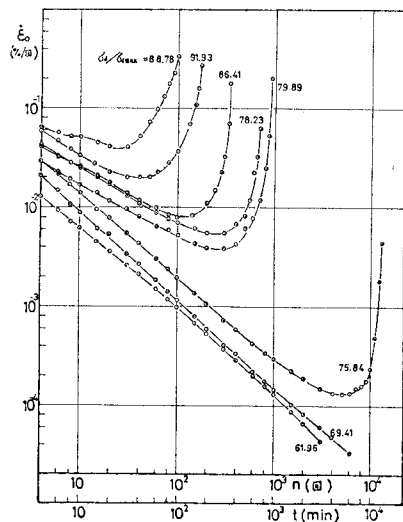


図-4. 残留ひずみ増加率～繰返し回数 (T=60 秒)

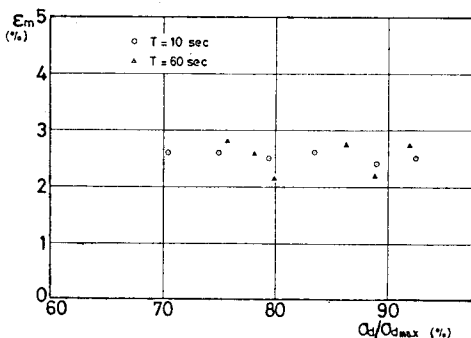


図-5. 最少ひずみ増加率出現点のひずみ～荷重強度比

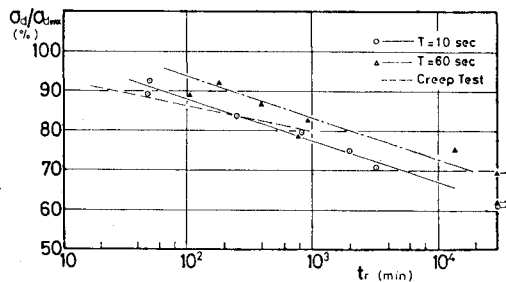


図-6. 荷重強度比～破壊時間