

III-194 クリープ特性から推定される泥岩の動的強度

（財）電力中央研究所 正員 西 好一
（株）建設企画コンサルタント 正員 ○西 剛整

1. はじめに

軟岩や超過圧密粘土に対する安定性の評価はこれまでも多く行われているが、進行性破壊や遅延性破壊など長期的な安定性を対象としたものが多く、地震時のような短時間に生ずる応力に対しての力学特性についての研究はあまり見られない。著者の一人は、第三紀鮮新世に属する泥岩に対して各種実験を行い、クリープ特性から得られた粘塑性構成式により定ひずみ速度載荷時及び規則繰返し載荷時の強度特性が、統一的に解釈できることを示した。今回は第三紀中新世後期に属する珪藻質泥岩を用いてクリープ試験と繰返し載荷試験を行い、粘塑性構成式の不規則繰返し載荷時における強度特性の評価に対する適用性につき考察した結果について述べる。

2. 試験装置、試料ならびに試験方法

試験には油圧サーボ型の振動三軸圧縮試験装置を用いた。装置の詳細は文献2)を参照されたい。試料は能登半島に分布する珪藻質泥岩である。試料の物理的性質は表-1に示されている。この試料から直径5cm、高さ10cmの供試体を切り出し、クリープ試験及び繰返し載荷試験を行った。試験はすべて有効拘束圧3kgf/cm²による圧密非排水条件下で行っている。繰返し載荷試験では、等方圧密後、排水条件下で静的強度の約1/2(10kgf/cm²)の初期軸差応力を加えた後、繰返し載荷を行った。また、繰返し載荷試験に用いた波形はsin波(3Hz)及び実地震加速度波形(タフト及びエルセントロ地震波)である。

3. 試験結果及び考察

クリープ試験において、クリープ破壊に至った場合の試験結果から最小クリープひずみ速度 $\dot{\epsilon}_{\min}$ を読みとり、作用軸差応力との関係を両対数紙上に示したものが図-1である。図によれば、両者の間には直線的な関係が伺われ、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は次の式で表わせる。

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}^* \cdot \exp [b \{ (\sigma_1 - \sigma_3) - \sigma^* \}] \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに $\dot{\epsilon}^*$ は基準軸ひずみ速度、 σ^* はそれに対応する軸差応力、 b は材料定数である。この式を積分する事により累積する塑性ひずみは計算される。ここで、図-1から $\dot{\epsilon}^* = 1 \times 10^{-5} \% / \text{min}$ 、 $\sigma^* = 5.3 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $b = 1.64$ が求められる。ここで、繰返し載荷時にひずみが2% (三軸圧縮試験による破壊時ひずみ)に到達すると破壊を生じるものとし、式(1)により計算された規則繰返し載荷時の繰返し回数 N と強度比(繰返し載荷時の最大軸差応力/ $N=1$ 回目の動的強度)の関係を示したのが図-2である。図中○は実験結果を示している。図から、式(1)は規則繰返し載荷試験結果を良く説明できると言える。図-3はタフト地震波を用いた不規則繰返し載荷試験例と式(1)による計算例を合わせて示したものである。この図からも式(1)は、繰返し載荷時の軸

表-1 試料の物理的性質

比 重 G_s	2.23
含 水 比 w	120 (%)
乾 燥 密 度 ρ_d	0.61 (g/cm ³)
間 隙 比 e	2.62
液 性 限 界 w_L	148.1 (%)
塑 性 限 界 w_p	92.5 (%)
一軸圧縮強度 q_u	20 (kgf/cm ²)

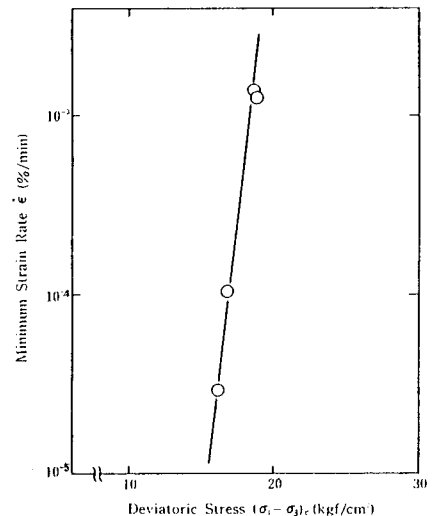


図-1 最小クリープひずみ速度と軸差応力の関係

ひずみの挙動を良く表現できるものと言える。

図-4は、不規則繰返し載荷試験によって得られた最大軸差応力と静的強度の比と、不規則繰返し載荷時に生じた最大ひずみと静的破壊ひずみの比の関係を示している。図中、矢印で示した位置は、式(1)により得られた不規則繰返し載荷時の動的強度(エルセントロ)である。図を見ると動的強度は静的強度より30%程度大きい値を示している。また、式(1)により算定される動的強度は、実験により得られた値とほぼ一致している。図-4にはタフト地震加速度波形に対して時間軸を5倍に延ばして実験された値も合わせて示されている。図から動的強度に対する震動の継続時間の影響が多少伺えるが、式(1)によればこのような点も考慮できる。この点を示すために図-5を準備した。図は実時間のエルセントロ地震加速度波形と、時間をその1/10及び1/100に短縮した同波形に対して式(1)による計算を行い、得られた動的強度と静的強度の比を継続時間との関係で示している。図中には実験により得られた値も示した。図から、継続時間の影響は極めて大きい事がわかる。すなわち、最大軸差応力あるいは最大加速度が振動三軸圧縮試験でよく用いられる1 Hz 程度の下で得られる動的強度を超過しても、それが加わる時間が極めて短いものであれば、載荷時間に見合った強度を超過しないかぎり、泥岩の破壊は生じない事を示している。

“参考文献”

- 1) 例えば Skempton A.W. ; Long-Term Stability of Clay Slopes, Geotech, Vol 14, No2, 1964.
- 2) 西、岡本、江刺; 各種載荷条件下における泥岩の強度-変形特性とその統一的解釈, 土木学会論文報告集, 第338号, 1983.

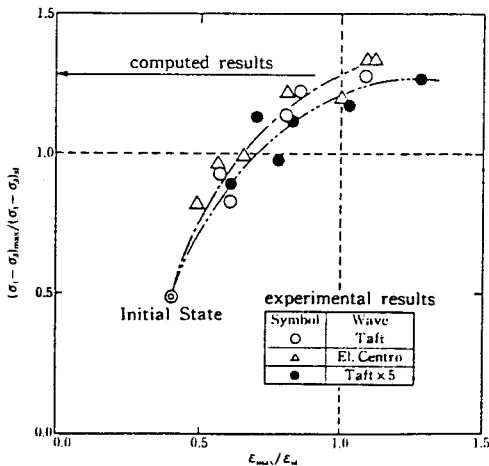


図-4 不規則繰返し載荷による強度比とひずみ比

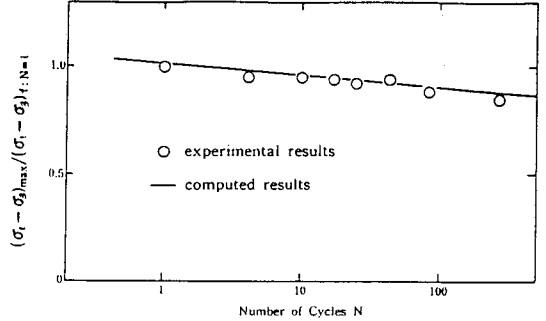


図-2 規則繰返し載荷による強度比と破壊までの繰返し回数

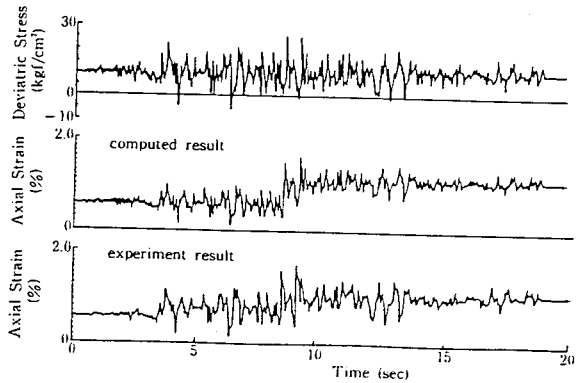


図-3 不規則繰返し載荷時の軸差応力と軸ひずみの経時変化

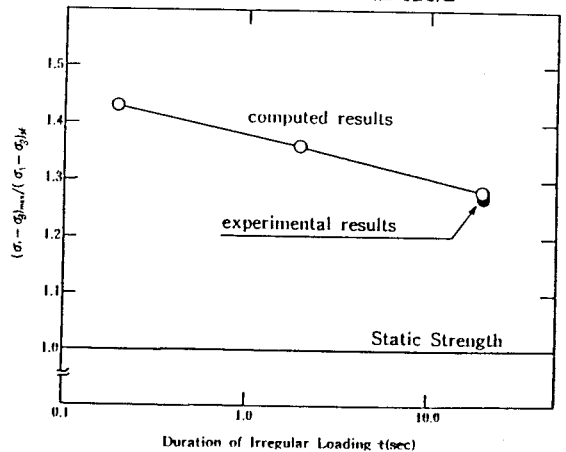


図-5 不規則繰返し荷重の載荷時間と動的強度の関係