

電力中央研究所 面 好 一
同 上 江 刺 靖 行
東電設計(株) ○ 宇 野 晴 彦

1. はじめに

著者らは、文献(1)において応力振幅一定条件下における繰返し載荷時の強度-変形特性について考察してきたが、実際問題として考えると地震時のように不規則荷重を対象として地盤の安定問題を議論していかねばならないことが多い。とくに、試験そのものが単純でかつデータ解析の容易な応力振幅一定条件下で得られる強度特性が、不規則荷重条件下での強度-変形特性とどのように対応しているかを検討しておくことは重要である。そこで、前報告での試験結果に基づき、不規則荷重下での強度-変形特性を明確にすると共に応力振幅一定条件下での強度-変形特性と比較・検討した結果について述べる。

2. 試料および実験方法

試料には新第三紀新世に属する比較的均質な泥岩(一軸強度 $\approx 30 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧密降伏応力 $\approx 30 \text{ kgf/cm}^2$)を用い、軟岩用三軸圧縮試験装置により試験を実施した。これらの詳細については文献(1)に記述してある。また、本試験で採用した不規則波形は、観測地震波として著名なタフト地震波(NS方向)とエルセントロ地震波(NS方向)の加速度波形の2種類であり、図-1, 2に示す。試験は $\sigma_3 = 6 \text{ kgf/cm}^2$ の拘束圧で圧密した後、非排水条件下で初期軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_0 = 18 \text{ kgf/cm}^2$ を負荷させて間引き水圧および軸ひずみの進行が停止するのを確認してから不規則繰返し荷重載荷試験を実施した。なお、地震波の時間軸は実地震波の5倍を基準として実施したが、速度効果を検討するためタフト地震波については実地震波の時間軸および25倍の時間軸を用いて行った。

3. 実験結果とその考察

試験結果の代表例として、図-3, 4に両地震波での軸差応力と軸ひずみの時刻歴変動を示す。これらの図および試験結果から次の点が指摘できる。①いずれの地震波形を用いた場合でも破壊が生じなかつた。場合をみると、最大軸ひずみは最大軸差応力が作用した時点で発生しており、その時の発生ひずみ量は三軸圧縮試験で求められた破壊ひずみ ϵ_f を上回ることはない。②破壊が生じた場合、最大軸差応力が作用した時点で急激にひずみが発生し破壊に至る場合が多いが、破壊時ひずみを超えても急激なひずみの増大は示さず、その後の応力変動に伴い徐々にひずみが累積していく傾向を示す場合、および図-3(b)に示されるように最大応力を超過した後の不規則荷重載荷によって破壊する場合もみられる。た

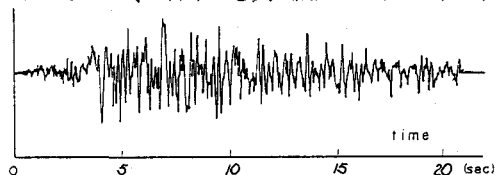


図-1 タフト地震の加速度波形(NS方向)

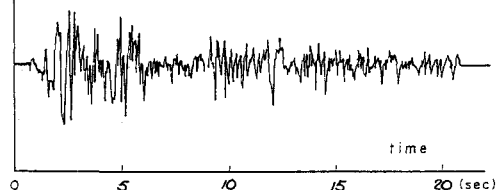
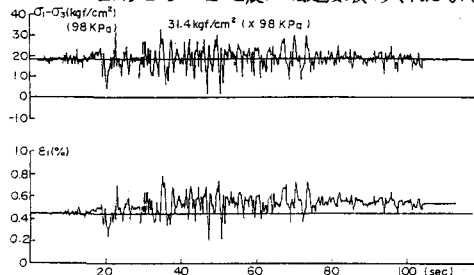
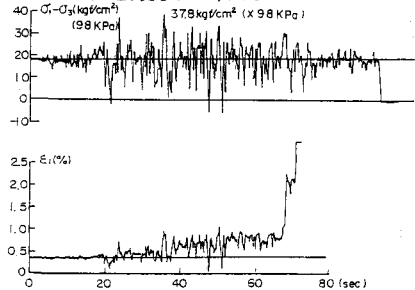


図-2 エルセントロ地震の加速度波形(NS方向)



a) 破壊しなかつた例



b) 破壊した例

図-3 軸差応力、軸ひずみの時刻歴変動
(タフト地震波、時間軸5倍)

だし、エルセントロ地震波形による場合はすべて最大軸差応力作用時点を破壊が生じている。③タフト地震波形での実験結果をみると時間軸が長くなると破壊強度は低くなる傾向にある。

実験結果から示されたように、不規則荷重載荷時においても破壊を論議する際、三軸圧縮試験で得られる破壊ひずみは重要な意味を有する²⁾。そこで、三軸圧縮強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ と不規則荷重載荷時における最大軸差応力ならびに発生ひずみ量との関係を検討するため

に図-5を準備した。図は縦軸に最大軸差応力 $(\sigma_1 - \sigma_3)_0 + \Delta(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ を三軸圧縮強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ で除した値(応力比)をとり、横軸には最大ひずみ ϵ_{max} を破壊時ひずみ ϵ_f で除した値(ひずみ比)をとってプロットしたものである。図中、不規則載荷により破壊が生じた場合のひずみ比はすべて1.0としている。この図から次のことが指摘できる。

①応力比とひずみ比の関係は、同一波形において時間軸が等しい場合一本の曲線で規定することができる。また、波形に拘らず応力比が1.0を超過してもひずみ比は1.0以下であり、したがって不規則荷重載荷時の破壊強度は通常のひずみ速度下で得られる三軸圧縮強度を下回ることはないものと言える。②タフト地震波による実験結果をみると、時間軸の違いにより応力比とひずみ比の関係および破壊強度は異なり、時間軸が長くなれば同一の応力比に対するひずみ比は大きくなること、および破壊強度は低下することが知られる。③時間軸が5倍のものについて比較すると、地震波の種類によらずひずみ比が1.0時における応力比はほぼ等しい値(≈ 1.2)を示す。

一方、応力比と試験終了後の残留ひずみ ϵ_r を ϵ_f で除した値(残留ひずみ比)との関係を図-6に示す。同一時間軸および同一応力比のもとではタフト、エルセントロの順に残留ひずみが大きくなる傾向を示している。これは載荷時間の長短と関連があるものと考えられるが、応力比が1.0付近での差はほとんどみられない。また、その時の残留ひずみ比は0.15程度であり、三軸圧縮強度と同程度の最大軸差応力をもつ不規則荷重が載荷されても破壊ひずみが高々1%程度であることを考えると載荷終了時にあって生じる残留ひずみは極めて小さいものと言える。

"参考文献"

- 1) 西, 江刺, 宇野 (1983) "振動荷重下における泥岩の強度特性", 第18回土質工学研究発表会講演集
- 2) 西, 江刺, 岡本 (1983) "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, PP.149~158

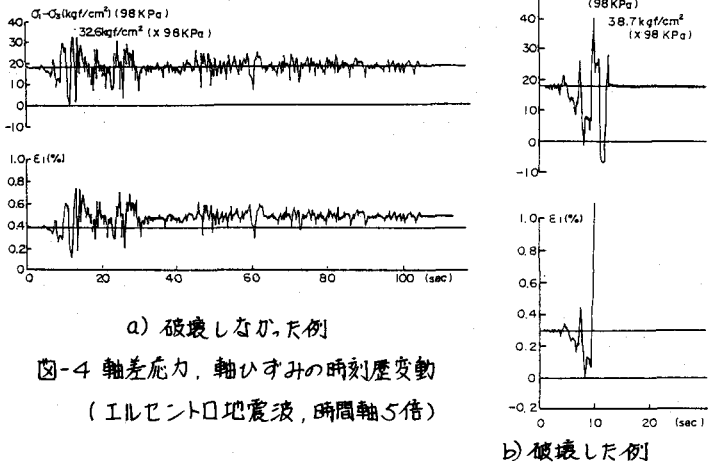


図-4 軸差応力, 軸ひずみの時刻歴変動
(エルセントロ地震波, 時間軸5倍)

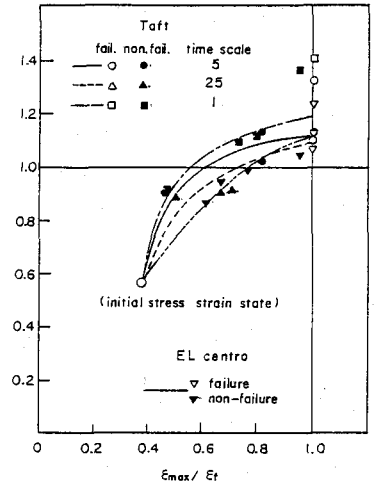


図-5 $\{(\sigma_1 - \sigma_3)_0 + \Delta(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}\} / (\sigma_1 - \sigma_3)_f$
と $\epsilon_{max} / \epsilon_f$ の関係

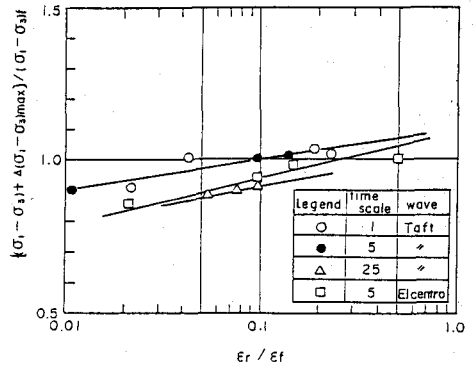


図-6 $\{(\sigma_1 - \sigma_3)_0 + \Delta(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}\} / (\sigma_1 - \sigma_3)_f$
と ϵ_r / ϵ_f の関係