

横谷調査工事株式会社 正員 〇原 勝重
東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

1. はじめに

地震時における水平地震時の土の要素の強度・変形特性を求める場合には、原位置の応力状態のもとでの繰返し単軸せん断試験を行なうほうが繰返し三軸試験より直接的である。この方法として中空円筒状の供試体を用いる繰返しねじりせん断試験がある。中空円筒状供試体の円筒方向にせん断応力を加える場合の理想的な変形は供試体の高さ方向のせん断ひずみの分布が一様にしてある。そこで、供試体の変形の写真撮影を行ない、繰返し載荷中におけるせん断ひずみの分布状態を求めたので報告する。

2. 実験方法

曹角砂を空中落下させて中空円筒状供試体を作成し、 1 kg/cm^2 で等方圧密した後、最大せん断応力振幅一定で $\gamma = 1.0$ の割合で、せん断ひずみ速度一定 $(\dot{\gamma})_{out} = 0.5\%/\text{min}$ の非排水繰返しねじりせん断試験を行なった。ポラストーンは刃のついていないものを用いた。メンブレン厚は 0.2 mm である。(文献1参照)

供試体の変形は、供試体外側のメンブレンに直径約 1 mm の黒丸をつき、黒丸の移動を写真撮影した。このときメンブレンと供試体の動きは同一と仮定した。ひずみ増分の分布は、横約 12 mm 、縦約 10 mm の間隔の黒丸の座標を読み取り、図-2に示すような三角形分割要素を作成し、三角形要素の変形から求めた。なお、せん断ひずみは、三軸セル外部の回転角計で測定したものを $(\dot{\gamma})_{out}$ 、三角形要素の変形から求めたものを $(\dot{\gamma})_{in}$ とした。

3. 結果および考察

図-1は、繰返し回数 $N_c = 1, 5$ および 14 における回転角計で測定したせん断ひずみ $(\dot{\gamma})_{out}$ とせん断応力の履歴を示したものである。

図-2は、図-1に示した各繰返し回数のせん断応力の最大から最大(点Rと点L)までの三角形分割要素の変形状態、 $N_c = 5$ の主なひずみ増分とその方向、およびZero-Extension方向とせん断ひずみ増分を示したものである。

まず、図-2(b)に示す三角形分割要素の変形は、各繰返し回数ともほぼ変形をしているように見える。また、上下の小

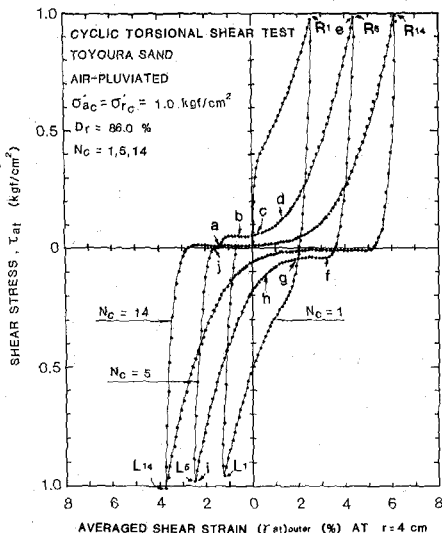


図-1. せん断応力とせん断ひずみ履歴 ($N_c = 1, 5, 14$)

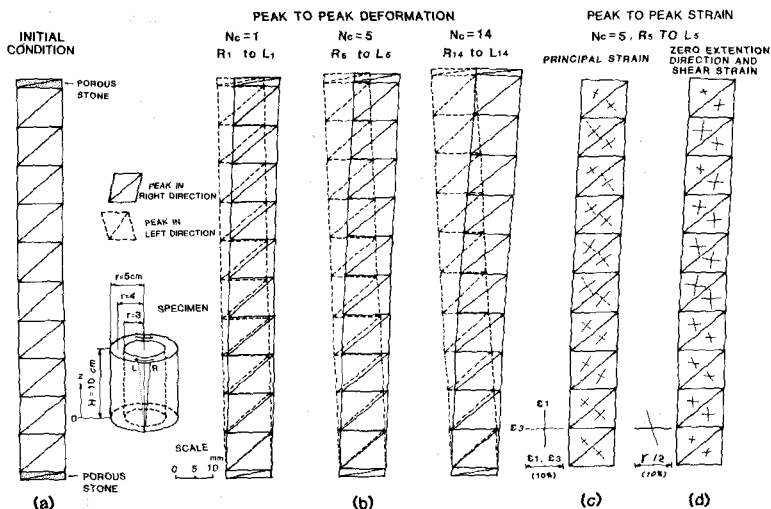


図-2. 供試体の変形状態とひずみ分布 (Peak to Peak)

三角形要素はポーラストーンと供試体の境界部分であり、三角形要素がずれてはいないことからポーラストーンと供試体上下端面ではずれていないことがわかる。図-2(c)のせん断ひずみ増分 ϵ の方向は45°付近である。図-2(d)のZero-Extension方向はほぼ水平であり、供試体の伸びが ϵ の方向がほぼ水平であることがわかる。せん断ひずみ増分 $(d\epsilon)_{IN}$ の供試体高さ方向の分布は、図-3に示すように供試体上部および下部で小さく、供試体中部で大きくなる傾向が見られる。このことは、供試体上下端がポーラストーンで変形を拘束されていることを示すものであるが、これを除くとほぼ一様な分布である。

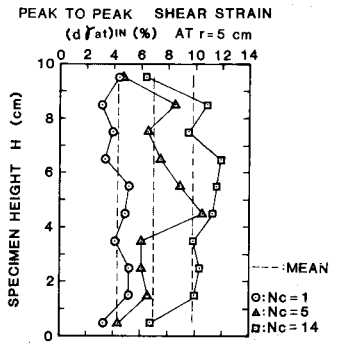


図-3 供試体高さ方向のせん断ひずみ増分の分布 (Nc=1, 5, 14)

図-4は、各縁近辺領域における回転計で測定した供試体外径 $(r=5\text{ cm})$ のせん断ひずみ増分 $(d\epsilon)_{OUT}$ と三角形要素の変形から求めたせん断ひずみ増分 $(d\epsilon)_{IN}$ の全体に対する平均の $(d\epsilon)_{IN}$ の関係を示したものである。これによると $(d\epsilon)_{IN}$ は $(d\epsilon)_{OUT}$ より小さくになっている。これは、供試体が曲率をもっており、実際の変形は三次元であるのに対し、写真上の変形は二次元であることによるものと思われる。しかし、供試体中央部 $(z=4\sim6\text{ cm})$ での $(d\epsilon)_{IN}$ の平均値は $Nc=5$ で大きくはなっているものの $Nc=1$ および14では $(d\epsilon)_{IN}$ と $(d\epsilon)_{OUT}$ がほぼ同じである。このことから、せん断ひずみの測定に関する写真撮影の精度は高く、 $(d\epsilon)_{IN}$ を用いて応力～ひずみ関係の議論が可能であると思われる。

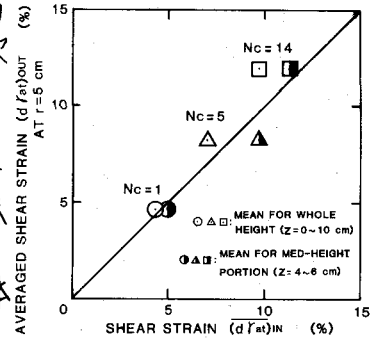


図-4 $(d\epsilon)_{IN}$ と $(d\epsilon)_{OUT}$ の関係

以上のことを踏まえ、縁近辺載荷中の $Nc=5$ のサイクル中における供試体の変形を従来用いてきた供試体中央高さの応力比 (σ/σ_m) と回転計による全体平均のせん断ひずみ $(d\epsilon)_{OUT}$ の関係によって見たものが図-5である。

図-5には、図-1に示す点a～点jまでの各点間(点a～点b, 点b～点c, …)のせん断ひずみ増分 $d(\epsilon)_{IN}$ を点aを出発点として $(d\epsilon)_{IN}$ を供試体上部、中部、下部のそれぞれの平均値とこれに交差する各部分の応力比も示してある。これらと比較した場合、供試体中部の $(d\epsilon)_{IN}$ が少し大きいもののほぼ一致している。このことは、1サイクル中の供試体の変形もほぼ一様な変形とみなせること、さらに従来用いてきたせん断ひずみ $(d\epsilon)_{OUT}$ を用いて各種応力～ひずみ関係の検証を行ってよいことを示すものと思われる。

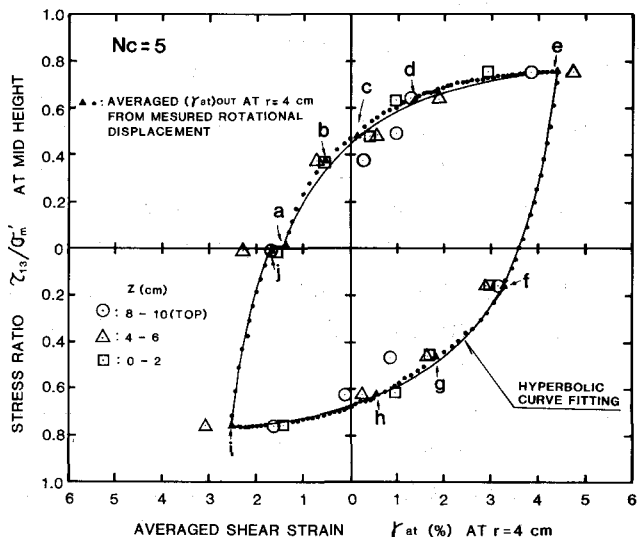


図-5 $Nc=5$ の応力比 (σ/σ_m) ～せん断ひずみ増分 $(r=4\text{ cm})$

4. まとめ

写真撮影によって求めた縁近辺載荷中のせん断ひずみは、供試体高さ方向に一様に分布しており、両端端せん断ひずみが $\epsilon_{at}=10\%$ くらいまでは供試体が一様変形していることがわかった。

おわりに、座標計の取り扱いは、実際に組立力を賜わりまして東京大学工学部材料研究所の方々に感謝の意を表す。(参考文献) 1) 原 龍田, 佐藤, 砂の非排水縁近辺のせん断における詳細な応力～ひずみ関係, 第9回土質学同義誌(1984) 2) 安田, 補修材を設置した供試体の平均ひずみ試験, 第18回土質工学同義誌発表 pp.1201~1204, 1983