

1. 予えがき 地震により、液状化した砂地盤は間隙水圧が消散するに従い、可成り大なる体積圧縮(沈下)を示す。この消散過程は、一般的に考えれば、再圧密時の弾性的変形量に等しくなるはずにもかかわらず、大なる反縮を示すという事は、地震液によるセ=断履歴が圧縮特性に多大の影響を与えている事か示唆されているものと思われる。この問題に基本的知見を得るため、セ=断履歴を受け土砂の圧縮特性について実験を行なったのでその結果及び考察について記す。又、地震終了後に残留し可成り存在する様な地盤では、消散過程の体積圧縮にかかわらず、液状化ポテンシャルが高い事を実験結果により示す。

2. 実験に用いた土砂の物理的特性及び基本的実験方法

実験に用いた土砂は宮城県亘理町の海岸より採取した砂で、比重 $G_s = 2.79$   $D_{60} = 0.14 \text{ mm}$   $D_{10} = 0.08 \text{ mm}$ 、最大間隙比 $e_{max} = 0.975$ 、最小間隙比 $e_{min} = 0.637$ 、74 $\mu$ 以下の成分が含まれない。実験は負圧を加え、メンブレンモールドに密着させた後、脱気水モールドに満し、スプーンにより砂を水中に落下させた。軽くモールドの側壁を圧縮する事により、所定の密度とした。0.2 (kgf/cm<sup>2</sup>)の拘束圧を加え、垂直させた後、二酸化炭素を1時間供試体内を循環させ、さらに2時間脱気水を循環させる事により飽和度を高めた。今回の実験ではバツフポリティヤーは加えずに実験を行なった。実験は0.2 (kgf/cm<sup>2</sup>)より7.0 (kgf/cm<sup>2</sup>)まで等方圧密し、その後、平均主応力 $p'$ を一定に保ち、変相角に達する以前に除荷を行ない等方状態にした後、1.0 (kgf/cm<sup>2</sup>)→2.0 (kgf/cm<sup>2</sup>)まで等方載荷、除荷を行なった。次に再び $p' = \text{一定}$ の状態に、変相角を越えてセ=断、除荷を行ない再び1.0→2.0 (kgf/cm<sup>2</sup>)の圧縮状態を観察した。図に示す small shear 及び large shear の定義は図1に示す通りであり、変相線(角)を越えるか否かにより判断した。

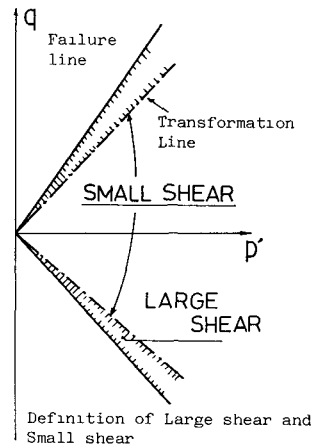


図1. Small shear と large shear の定義

用いたパラメータは、 $p' = \frac{1}{2}(O\sigma + 2\sigma_r)$ 、 $q = O\sigma - O\sigma_r$ 、 $v = \epsilon_a + 2\epsilon_r$ 、 $\gamma = \epsilon_a - \epsilon_r$  である。ここで添字の a は軸方向を、r は半径方向を意味している。供試体の直径5cm、高さ12cmを標準とした。

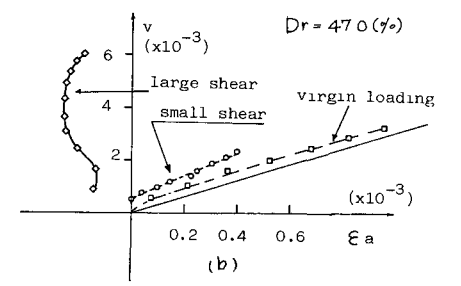
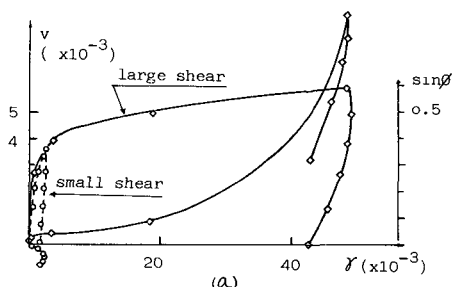


図2. セ=断を受け土砂の  $v \sim \epsilon_a$  関係(圧縮時)

3. 実験結果

図2(b)は上記の様にして、small shear, large shear と与之土時の圧縮挙動と体積ひずみ $v$ と軸ひずみ $\epsilon_a$ の関係として表現したものである。図2(a)はこのセ=断時の体積ひずみ、セ=断ひずみ応力比の関係を示している。図2(b)より明らか事は(1) large shear を受け土砂は virgin 時の載荷と比較して、全く違つた挙動を示す事、(2) small shear を受け土の場合、若干セ=断の影響が見られるが、large shear と比較すればそれは大々く小さい事である。large shear を受け土時、圧縮状態に $v$ と軸ひずみ $\epsilon_a$ が負になる事も面白い結果である。large shear を受け土の場合には、処女供試体よりも体積圧縮量が大きい事がある。セ=断を受け土時の体積圧縮量と $p'$ の関係は別の実験より求めたのが図3である。Small shear を受け土時の  $2.3 \times 10^{-3}$  の体積圧縮であり、 $\epsilon_a$  が、large

shearでは $3.7 \times 10^{-3}$ と大きくしているが解る。石原<sup>1)</sup>によれば、非排水セメント断片歴でも、large shear E受ける初期、体積反縮量が処女載荷と同程度あるのはそれ以上大きい事が示されている。又、村島、飛田<sup>2)</sup>によれば、液状化試験後に観測される体積反縮量は、試験中に発生する最大セメント断片すみと正の相関がある事が示されている。

伸長側で同様の実験を行なった時、矢張り、large shear E受けた時の圧密時に生ずる体積反縮量は大きく、軸ひすみの方が大きくなる傾向が見られた。すなわち  $E_a > E_n$  の関係がある。

圧縮、伸長、排水、非排水の場合につき、数多くの実験を重ねたが、いすれの実験結果も、その量的にもその変化可能な定性的傾向として、(1) large shear E加えると、除荷して後の体積反縮量は大きくなる。(2) 最後のセメント断片において最大主応力方向のひすみの出方は小さい(3) small shearの影響はそれ程顕著ではない等が観測された。

図4は非排水条件で先ず、伸長側にセメント断片、large shear E加えた後、除荷し、写方状態に液状化させた後、反縮側にセメント断片を施した時のスリッパ型のヒステリシスループを示している。圧縮から除荷し写方状態とした後(ほぼ有効拘束圧0である)、排水し、約1%の体積反縮が見られた。さらに、非排水状態で伸長側にセメント断片を容易に、液状化し、正のダイラタンシーにより、ひすみの発生が止められるが解る。この図より問がき水反消散時の体積反縮は液状化ポテンシャルの低下に直接関係している事が解る。しかも、ひすみの発生は処女載荷時と比較すると少く、している事が解る。同様の実験が単純セメント断片試験器E用いて、Nemat-Nasser & Tobita<sup>3)</sup>により繰り返して行われ(1)問がき水反の消散による体積反縮は、液状化の発生に對しては、ほとんど硬化してもたらず、(2)発生ひすみの可成り小さくなる事が報告されている。今回この三軸試験器でも同様の結果が得られた。この様に残留応力=0(ひすみは存在する)の状態では、最後に加わった力の反対方向の力に對しては容易に液状化可能事が充分に考へらる。

4. 考察 以上の様な実験結果を解釈するにため、セメント断片の内部構造変化を考へる事が必要である。図5は供試体作成後写方圧密し、同向写方の構造を有する供試体の large shear E受けた後は、最大主応力方向に強く、最小主応力方向に弱い構造となる事を模式的に示したものである。この様な構造変化を考へる事により、定性的実験結果(1)、(2)は理解される。又(3)は変相向内部では構造変化がそれ程顕著ではない事から理解される。詳しい議論は飛田<sup>4)</sup>により行なわれているが、あくまでも定性的な説明であり、定量的な議論を行うにため、この精密な実験及び量方構造の応力増分-ひすみ増分関係に与える影響を明確にする必要がある。

5. 参考文献

- (1) 石原 飛田(1982) Soils & Fnds Vol 22 No.3 (2) 村島 飛田(1982) 東北工部院研究発表会 (3) Nemat Nasser & Tobita(1982) Mechanics of Materials Vol.1 No.1 (4) 飛田, 柳沢, Nemat Nasser (1982) 第17回工管工学研究発表会

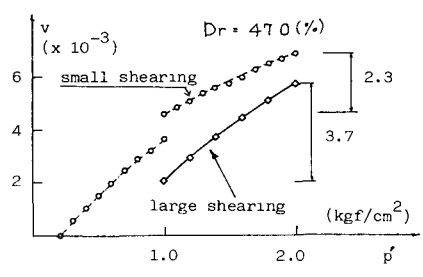


図3 セメント断片受ける初期の圧密時の  $v \sim p$  関係

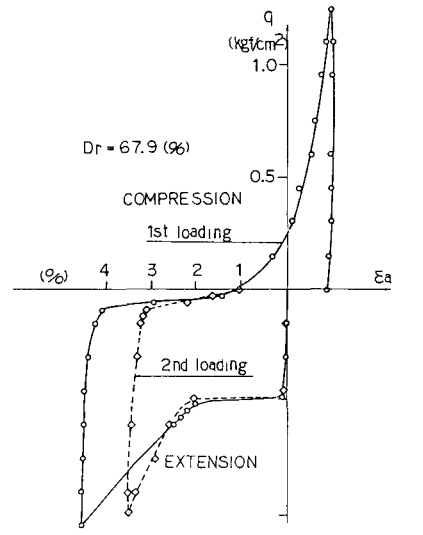


図4 大ひすみ繰り返し載荷E受けた時の非排水挙動

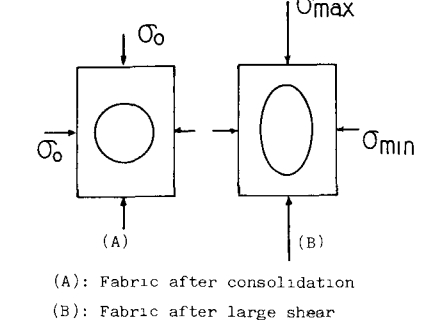


図5 セメント断片による砂の構造変化(模式図)