

繰返し瞬発载荷履歴を受けた砂質土のせん断挙動

山口大学工学部 正員 兵動正幸 安福規之  
 村田秀一  
 山口大学大学院 学生員 ○中田幸男  
 名古屋大学大学院 学生員 村上幸治  
 日本国土開発(株) 正員 四宮圭三

1. まえがき

地盤の締固め工法として用いられている動圧密工法による地盤改良効果の評価については、経験に基づくところが多く改良メカニズム等不明な点が多い。これまで筆者ら<sup>1)</sup>は、重錘落下による地盤内要素の応力状態を再現するために瞬発载荷式三軸圧縮試験機を試作し、様々な応力を瞬発的に与え砂質土の圧縮性の評価を行ってきた。その結果、瞬発载荷による砂の圧縮ひずみは等方応力増分による成分とせん断応力増分によるものに分けて定量的に評価ができることが明らかになった。さらに、このように締固め改良された地盤の強度を知るためには、このような応力履歴を受けた土のせん断特性について把握する必要があると考えられる。本研究は、繰返し瞬発载荷を加えた供試体に対して排水せん断試験を行い、それにより生じる特徴的なせん断特性について調べたものである。

2. 試料及び試験方法

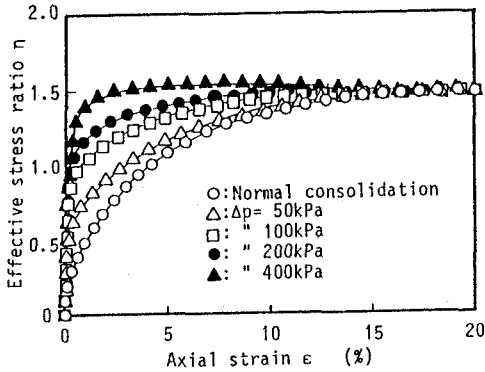
実験に用いた試料は、表-1のような物性値を持つ乱したまき土であり、三軸試験には2mmふるい通過分で細粒分を除去した試料を用いた。供試体は、空中落下法により初期相対密度 $D_r=60\%$ で直径5cm,高さ10cmの円筒形に成形し、完全飽和状態とした。用いた試験機は、重錘落下時の地中の応力状態を再現するために試作した瞬発载荷式三軸圧縮試験機である。今回は、その試験機にさらに改良を加えており、繰返し瞬発载荷を与えた後ひずみ制御によるせん断試験の実施が可能なものとなっている。具体的には、軸圧载荷シリンダーにスクリュウポンプを接続して一定速度でオイルを送り込むシステムとなっている。試験は、まず飽和供試体を50kPaで等方圧密した後、排水条件で任意の大きさの応力を瞬発的に繰返し与える。ここで、载荷時間(一回の载荷における载荷開始から除荷終了までの所要時間)は、载荷中に間隙水圧が完全に消散し、要素の条件を満たすよう6秒という比較的長い時間を設定した。次に、繰返し瞬発载荷を行った供試体に対し、ひずみ速度0.1%/minでひずみ制御による排水三軸圧縮試験を行い、繰返し瞬発载荷が土のせん断挙動に与える影響を調べた。

表-1 試料の物性値

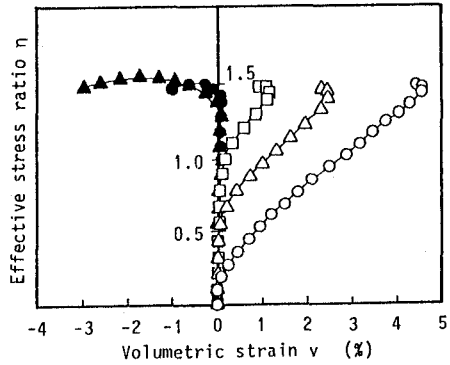
比重	2.615
最大間隙比	1.443
最小間隙比	0.903
平均粒径	0.58mm
均等係数	4.040

3. 試験結果及び考察

図-1は、等方応力増分( $\Delta p=50,100,200,400\text{kPa}$ )を繰返し50回与えた後、各々に対して静的試験を行った結果を示すものである。図-1(a)は有効応力比 $\eta (=q/p_0)$ ・軸ひずみ $\epsilon$ の関係を示すものであるが、これらの関係において、加えた瞬発応力の大きさ $\Delta p$ の違いに対して、最大せん断強度には大きな変化がみられないが、初期の接線勾配が $\Delta p$ の増加に伴い増加し剛性が高くなっていることが認められる。図-1(b)の有効応力比 $\eta$ ・体積ひずみ $v$ 関係においては、加えた $\Delta p$ の増加に伴いダイレイタンス挙動が収縮性から膨張性に変化していることがわかる。図-2は、等方応力増分( $\Delta p=100,200,400\text{kPa}$ )と同時に偏差応力 $q$ を作用させ、その結果有効応力比増分 $\Delta \eta$ が0.6となるように側圧及び軸圧を50回繰返した後に、静的試験を行った結果の応力・ひずみ関係を示したものである。有効応力比 $\eta$ ・軸ひずみ $\epsilon$ 関係において、载荷応力の大きさの増加に伴い初期の接線勾配及び最大せん断強度の顕著な増加が認められる。また、この载荷条件に対する有効応力比 $\eta$ ・体積ひずみ $v$ 関係においては、いずれの瞬発载荷応力の大きさに対してもダイレイタンス特性は膨張傾向を示すことがわかる。図-1と図-2の比較により、偏差応力の増分を与えたものの方が、等方応力载荷のものに比べてその後のせん断強度は増加することがわかる。さらに、载荷

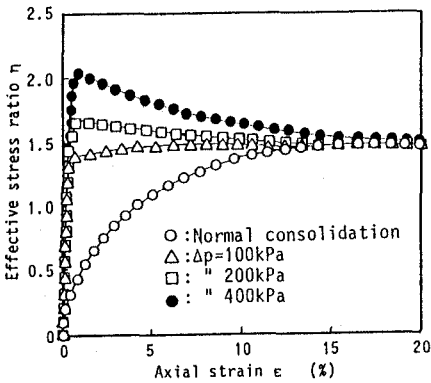


(a) 有効応力比  $\eta$  ・軸ひずみ  $\epsilon$  関係

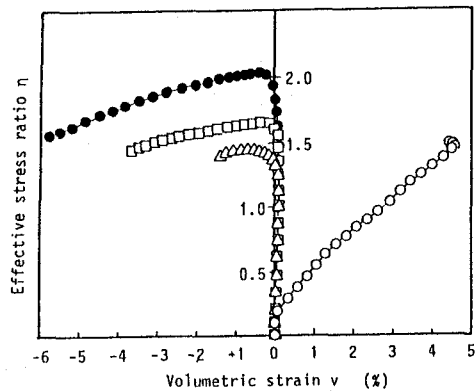


(b) 有効応力比  $\eta$  ・体積ひずみ  $v$  関係

図-1 等方応力増分を与えた後の静的試験による応力・ひずみ関係



(a) 有効応力比  $\eta$  ・軸ひずみ  $\epsilon$  関係



(b) 有効応力比  $\eta$  ・体積ひずみ  $v$  関係

図-2 異方応力増分を与えた後の静的試験による応力・ひずみ関係

応力レベルの大きさによらず最終的な有効応力比は一定 ( $\eta = 1.5$ ) となることが認められる。

図-3は、繰返し等方応力増分200kPaを載荷回数1,5,10,20,50回それぞれ与えた後、静的試験を行った結果の有効応力比  $\eta$  ・体積ひずみ  $v$  関係を示したものである。同図には、圧密後直ちに静的試験を行った結果 ( $N=0$ ) も示している。これらの比較により、載荷回数の増加に伴いその後のせん断における強度増加は認められるが、その影響は特に10回程度までが顕著であることがわかる。これは、実際の施工において繰返し重錘を落下させる合理性と適切な落下回数を示す根拠となるものと考えられる。

#### 4. まとめ

重錘落下を想定した応力変化を与えた土のせん断特性を把握するために、繰返し瞬発载荷を加えた供試体に対してひずみ制御式排水せん断試験を行った。その結果、載荷応力の大きさ及び載荷回数の増加に伴う土のせん断剛性、最大せん断強度、ダイレイタンスー特性の変化傾向が明らかになった。

#### 《参考文献》

1) 兵動・村田・安福・中田・二宮：瞬発载荷式三軸圧縮試験による砂質土の圧縮性の評価，第25回土質工学研究発表会講演概要集，pp.845-848,1990。

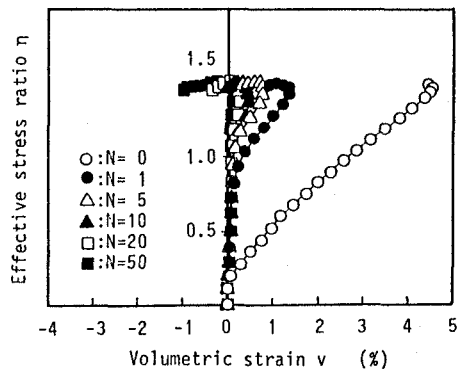


図-3 載荷回数の異なる瞬発応力を与えた後の静的試験による有効応力比  $\eta$  ・体積ひずみ  $v$  関係