

瞬発載荷式三軸圧縮試験機による砂質土の圧縮特性

山口大学工学部 正 員 兵動正幸 村田秀一 安福規之
学生員 ○中田幸男
日本国土開発（株） 正 員 二宮康治 中村哲也

1. まえがき

埋立地などの地盤締固め工法として動圧密工法がよく用いられている。しかしながら、当工法による地盤改良の評価については経験に基づくところが多くメカニズム等不明な点が多い。筆者ら^{1) 2)}は、重錘落下時に生じる地中応力を想定して土の圧縮性を評価するために、高压及び低压の静的三軸圧縮試験を行ってきた。しかし、重錘落下時の地盤内では静的な三軸条件よりもはるかに急速な載荷が瞬時に行われている³⁾ので、これらの試験結果の直接的適用に問題が残った。そこで、本研究において、重錘落下時の載荷状態をより現実的に再現するために、瞬発載荷式三軸圧縮試験機を試作した。さらに本試験機を用いて種々の応力変化に対する土の圧縮性の評価を行ったのでその結果を報告する。

2. 瞬発載荷式三軸圧縮試験

(1) 試験機 重錘落下時の地中の応力状態を再現することを目的に図-1のような試験機を試作した。本試験機は、通常の三軸セルに軸圧載荷のためのエアースリンダーが取り付けられ、シリンダー上室がに水で満たされており、ここからパイプを通じ電磁切り替え弁を介して高压タンク（載荷用）と低压タンク（初期応力用）に接続され、それぞれのタンクの圧を瞬時に切り替えることで急速な載荷・除荷が可能な仕組みになっている。側圧についても同様な方式で載荷・除荷を可能としている。軸圧及び側圧の大きさは各々任意に設定可能であり、載荷時間、載荷周期及び繰返し回数も任意に制御できるタイマーユニットを用いている。これによると、最短で 0.5秒程度で載荷・除荷が可能である。現状はこの程度の載荷速度が限界であるが、さらに速い載荷速度に改良するには圧力タンクの容量を大きくすることによって実現可能である。

(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0.047~2mmの試料を用いた。供試体は初期相対密度50%で直径5cm、高さ10cmの円筒形に成形し、完全飽和状態とした。重錘落下による応力増加量を平均主応力と軸差応力の増分に分けて評価を行う。前者は、土に圧縮変形を後者はせん断によるダイレイタンスを生じさせる。実験は、等方応力載荷及び側圧一定下で軸圧載荷試験を各々独立に行い、それぞれの体積収縮量を求める。重錘落下が同一地点で繰返し行われることを考慮して、繰返し載荷を行った。

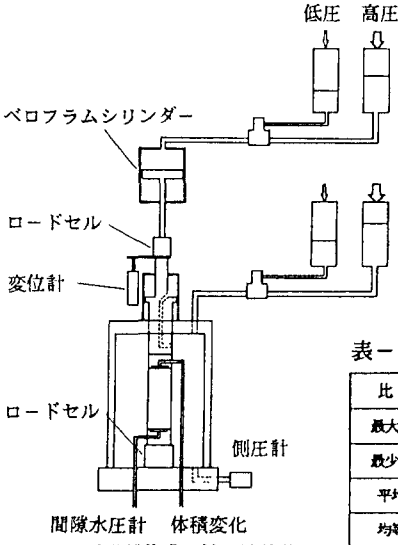


図-1 瞬発載荷式三軸圧縮試験機

表-1 試料の物性値

比 重	2. 6 1 0
最大間隙比	1. 3 9 4
最少間隙比	0. 7 8 4
平均粒径	0. 7 2 mm
均等係数	4 3. 2

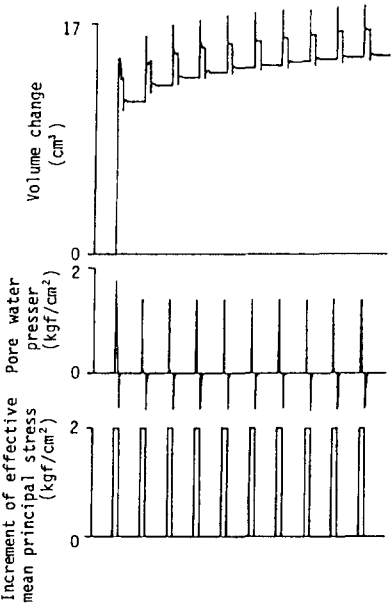


図-2 等方応力載荷試験結果の一例

(3) 等方応力載荷試験 まず $p_c = 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ の等方圧密を行った後、排水状態で一定振幅 Δp の等方応力を繰返し載荷した。その際、排水は上部ベDESTALより2重管ピュレットへ行い、間隙水圧は下部ベDESTALを通じて測定した。図-2に荷重、間隙水圧及び体積変化の変動を表す代表的試験結果例を示す。載荷と共に間隙水圧がある大きさまで上昇しやがて下降に転じ、載荷中に完全に消失するためには載荷荷重の大きさにもよるが、5~6秒程度の載荷時間が必要であることがわかった。実際の重錘落下時の載荷時間は0.1秒以下であるので、現実よりかなり長めの載荷になるが要素試験の条件を満たすために実験では載荷時間を6秒とし、繰返し載荷間隔を30秒とした。また、載荷中に消失した間隙水圧は、除荷により瞬時に負となっているが、この傾向は現地においても見られる現象である。6種類の増加応力に対して行った試験結果の体積ひずみと繰返し回数の関係を図-3に、また $e - \log(\Delta p/p_c)$ 関係を図-4にまとめている。各増加応力に対する1回から50回までの載荷に対する結果がそれぞれ示されている。等方圧縮においても繰返し載荷により体積ひずみが進み、間隙比が小さくなる様子が認められる。

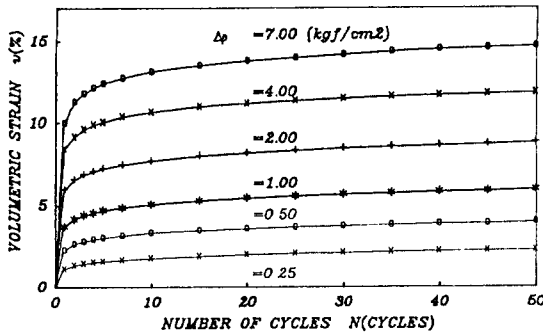


図-3 等方応力載荷試験における体積ひずみと繰返し回数の関係

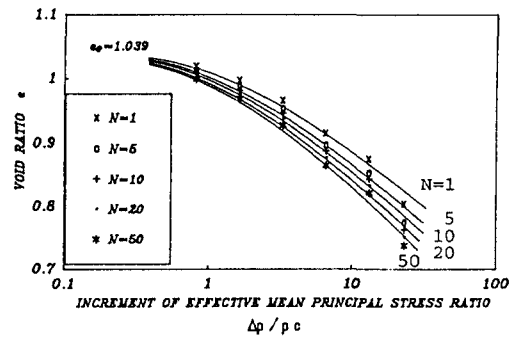


図-4 等方応力載荷試験における間隙比と荷重増加比の関係

(4) 排水せん断試験 等方応力載荷試験を行った各載荷時の応力点まで等方圧密を行った後、排水条件において側圧一定、軸圧載荷試験を行った。各初期圧密の下で、載荷時の有効応力比 $\eta = 0.2, 0.5, 0.8, 1.1$ の各々の大きさとなるように載荷を行った。図-5に初期拘束圧 $p_c = 1.3 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密された場合の載荷時の各有効応力比に対する体積ひずみと繰返し回数の関係を示す。図-3の等方圧縮に比べ、体積ひずみの量は小さいが、繰返し載荷による増加傾向はより顕著に見れ、50回の繰返し載荷後も増加している。

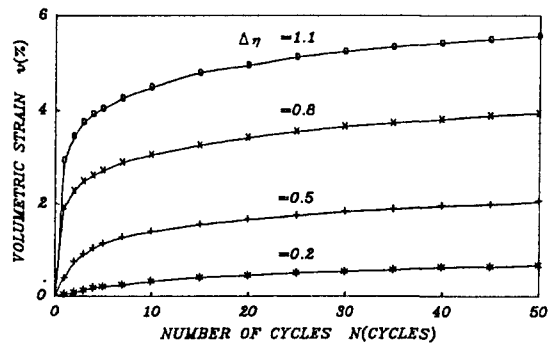


図-5 排水せん断試験における体積ひずみと繰返し回数の関係

3. むすび

重錘落下による地盤締固めのメカニズムを捕らえるために、任意の大きさの応力の制御と瞬時の載荷・除荷及びその繰返しが可能な瞬発載荷式三軸圧縮試験機を試作し実験を行った。重錘落下時の地中応力増加、本試験機では等方応力載荷試験及び側圧一定軸圧載荷試験に分けて行い、体積ひずみの評価を行った。

<参考文献>

- 1) 兵動・村田・中野・中村・渡辺：重錘落下による砂質土の圧縮性の評価について，第23回土質工学研究発表会講演集，pp.2045-2048, 1988.
- 2) 兵動・村田・安福・中村・渡辺：重錘落下による砂地盤の改良効果の評価について，土木学会第43回年次学術講演会講演概要集，Ⅲ，pp.745-748, 1988.
- 3) 逢澤・森・渡辺：重錘落下締固め法一動的計測について一，第23回土質工学研究発表会講演集，pp.2053-2058, 1988