

東北大学工学部 ○加藤 靖
岡田 直之
保田 善雄

1 はじめに 地震時の砂地盤の液状化に関する研究をしていく上で、応力履歴が砂の変形特性に及ぼす影響を考へることは必要となってくる。応力履歴は、圧縮によるものとせん断によるものと分けて考へることができ、さらにせん断履歴は、変相線をこえる場合とこえない場合によって後の砂の変形特性に与える影響が全く異なることが知られている。本文は、変相線をこえるせん断履歴が与える影響を考へるために数種の経路に従い実験した結果を報告するものである。

2 実験概要 実験には、コンピューティングリレー比例調整弁等により種々の応力経路を、一つのレギュレーターを操作することによって得らるる三軸圧縮試験機を用いた。供試体作成は水中養下法とした。試料は秋田県八郎潟砂を2mmフルイ通過分を0.074mmフルイとて水洗したものを用いた。試料の物理的性質はそれぞれ $G_s=2.67$ $e_{max}=1.08$ $e_{min}=0.69$ である。試料の相対密度は図中に示す。

3 結果及び考察 図-1は、側圧一定のもとで圧縮側に2回せん断した時の $\sin \phi$ と ϵ_a と ϵ_v の関係で、軸方向に圧縮した後除荷していく時、体積変化は殆どせず軸ひずみだけが徐々に減少する。2回目の圧縮時には、軸ひずみの増加は小さく軸方向に圧縮された影響として、その後同方向の圧縮に対して変形しにくくなっている。図-2は、図-1の実験と平均主応力一定のもとで圧縮側に2回または伸長側に2回せん断した実験と側圧一定のもとで伸長側に2回せん断した実験の4種の供試体と応力履歴のない供試体を等方圧縮した時の ϵ_a と ϵ_v の関係である。圧縮側にせん断した場合には、軸方向に変形しにくく、伸長側にせん断した場合には、横方向に変形しにくいことが解る。図-3は、平均主応力一定のもとで圧縮側にせん断、その後伸長側にせん断し、これを2回行なったときの $\sin \phi$ と ϵ_a と ϵ_v の関係である。軸方向の応力が大きくなり横方向の応力が小さくなることによって軸ひずみは増大し、体積は減少してある応力比を過ぎると増加する。その後これを除荷すると横方向の応力の増加に伴い体積は減少する。せん断が、圧縮側から伸長側に移ると、軸ひずみは急激に減少し体積が減少する。横方向のひずみは急激に増大している。一方せん断が伸長側から圧縮側に移ると軸ひずみは急激に増大する。小西らの説を引用すれば、これは、圧縮側(伸長側)のせん断により軸方向(半径方向)の応力には強く、半径方向(軸方向)の応力には弱い構造となった

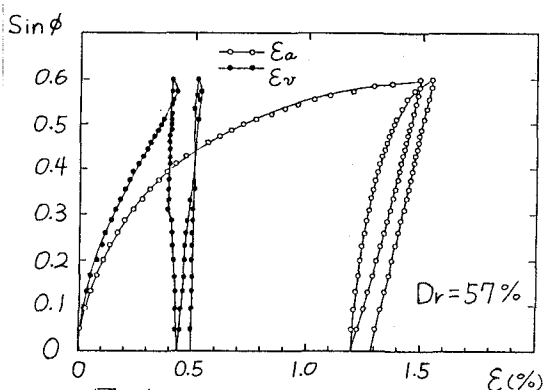


図-1 側圧一定圧縮繰返し試験

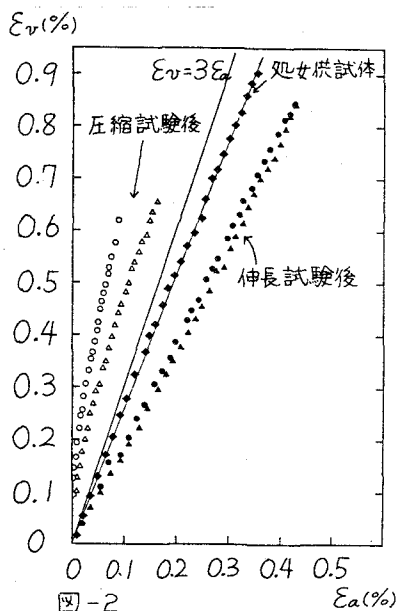


図-2

ため、逆方向の載荷に対して、大きな体積圧縮せん断ひずみを生ぜさせるものと考えらるべきである。以上のことからせん断履歴によって、砂は異方的になり、せん断時の最大主応力の方向に強い構造となり、別の方向、特に最小主応力の方向からの応力には弱い構造となり、また直前に受けたせん断履歴が、その後の変形に影響を及ぼすと考えらる。図-4は、平均主応力一定のもとで圧縮側に変相線外部に至るまでせん断し、その後伸長側に変相線内部でのせん断をし、これをくり返したときの $\sin\phi$ と ϵ_a ϵ_v の関係である。(すなわち圧縮方向のせん断応力が大きい)、まず体積変化をみると、

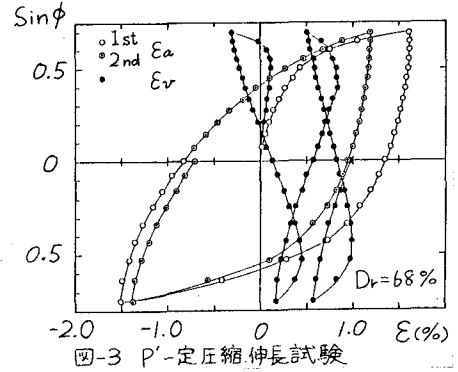


図-3 P'-定圧縮伸長試験

圧縮側でせん断すると体積は減少し変相線に達すると膨張している。圧縮側・伸長側ともに除荷時には、体積圧縮が生じるが、その圧縮量は、回数の増加に伴い小さくなっている。また、圧縮側での減少は、3回目以降めづらなくなっており、減少から膨張へ移る $\sin\phi$ の値が小さくなる。一方軸ひずみは、圧縮・伸長のせん断時にそれぞれ増加・減少するが、回数に伴いその変化量は小さくなり、圧縮ひずみをみると、回数の増加に伴い増加するが、その増加量は小さくなり伸長方向のひずみの変化量よりも小さい。図-5は、軸ひずみを2.0%から3.8%の間で制御しながら、圧縮側・伸長側にせん断をくり返したときの $\sin\phi$ と ϵ_a の関係である。軸ひずみを正確に一定の値に制御することはできなかったが、このタイプの実験での傾向をみることはできる。軸ひずみ3.8%(圧縮)での $\sin\phi$ の値は微小ながら大きくなっていく。一方軸ひずみ2.0%では、伸長側に入り伸長側の応力の変化量は、圧縮側での変化量よりも大きいことが解る。

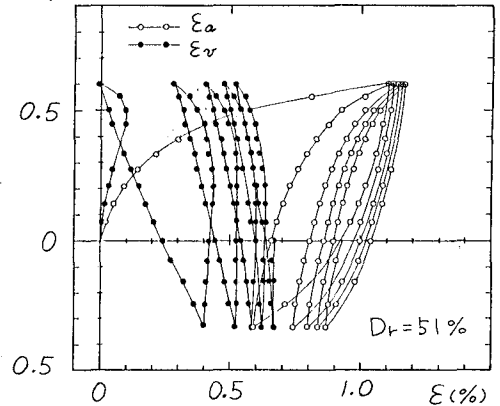


図-4 P'-定圧縮伸長繰返し試験

4. おまけ 変相線の外部に至るせん断履歴がその後の砂の変形に及ぼす影響が内部の構造変化を考えることにより、定性的に説明することはできる。しかし、図-4、図-5の現象について、微視的観点からの説明を与えることが今後の課題である。

小西純一 「砂のような粒状体の変形、強度挙動に関する微視的考察」

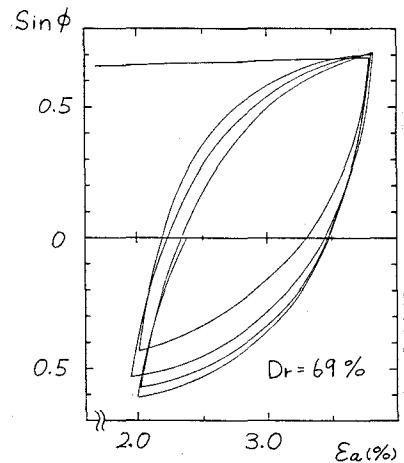


図-5

ひずみ制御
圧縮伸長
繰返し試験

