

(Ⅲ-78) ゆる詰め砂の三軸圧縮試験における変形特性の変化点について

前橋工科大学 学生会員 関 則行
前橋工科大学 正 会 員 土倉 泰

1. まえがき：ゆる詰め砂を非排水条件下でせん断すると、変形初期に軟化が生じ、その後変相点（準定常状態）に達し、さらにせん断を続けて変形が大きくなると定常状態に達することが知られている。一連の変形の中で、軟化点、変相点、定常状態に達する点の3点は砂の変形を考える際に着目すべき変形特性の変化点と考えられる。そこで、本研究では、上記の3点に着目しながら三軸圧縮試験機を用いていくつかの実験を行い、平均有効応力 p' ($p' = \{\sigma_1' + 2\sigma_3'\} / 3$) とせん断応力 q ($q = \{\sigma_1' - \sigma_3'\}$) で表した平面上での3点の位置およびそれらと液状化試験時の変形性状との関わりについて調べた。

2. 試料および試験方法：今回試験に用いた試料は豊浦標準砂で、土粒子密度 $\rho_s = 2.63\text{g/cm}^3$ 、最大間隙比 $e_{\max} = 0.941$ 、最小間隙比 $e_{\min} = 0.604$ である。三軸圧縮試験の供試体寸法は、高さ 10cm、直径 5cm の円筒形とし、相対密度が約 20%（間隙比約 0.877）になるよう、供試体作製時に空中落下法により調整をした。供試体の飽和のために、炭素ガスと脱気水を通して、背圧を 98kPa としB値を 0.96 以上とした。圧密は等方応力条件下で行った。まず、非排水条件下で、初期拘束圧を 48kPa、68kPa、98kPa と3通りに変えた拘束圧一定の三軸圧縮試験を行った。また、初期拘束圧 98kPa が一定の三軸伸張試験も行った。次に排水条件下で拘束圧を 98kPa で一定とした、三軸圧縮試験を行った。なお、以上の試験は1分間に1mmの軸変位を与える変位制御によるものである。さらに、応力制御によって振動数 0.1Hz の正弦波で応力振幅は一定 (24kPa)、拘束圧一定のもと、圧縮側から繰り返し荷重を連続的に加えた非排水試験も行った。

3. 試験結果及び考察：図-1と図-2は横軸に軸ひずみ ε_v 、縦軸にせん断応力 q を取る応力-ひずみ曲線である。図-1は応力-ひずみ曲線の初期の部分を示し、図-2は全体図である。図-1、図-2は初期拘束圧 98kPa の非排水試験から得られたグラフである。A点、B点、C点はそれぞれ軟化点、変相点、定常状態に達した点をプロットしたものである。ゆる詰め砂に共通する典型的な変形が表れているのがわかる。図-3は横軸に平均有効応力 p' 、縦軸にせん断応力 q をとる有効応力経路図である。この図には、初期拘束圧 48kPa、68kPa、98kPa の非排水試験および拘束圧 98kPa の排水試験の有効応力経路を示す。3つの非排水試験で得られる軟化点、変相点、定常状態に達する点はそれぞれ原点を通る直線上に並ぶ。これらの線は、

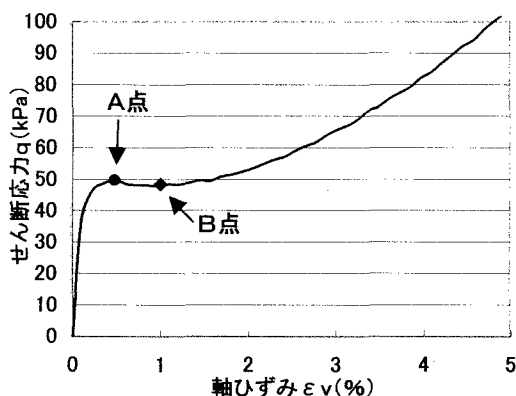


図-1 応力-ひずみ曲線

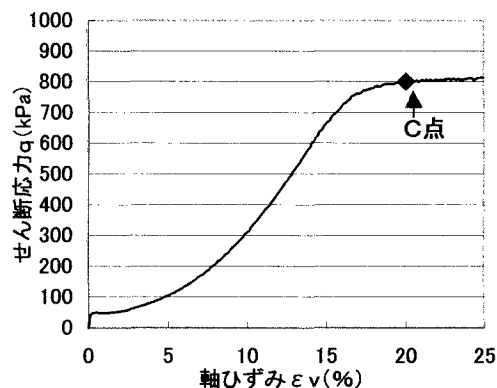


図-2 応力-ひずみ曲線

キーワード：三軸圧縮試験，砂，変相線，軟化，せん断変形

連絡先：〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学工学部建設工学科 TEL(027)265-7305

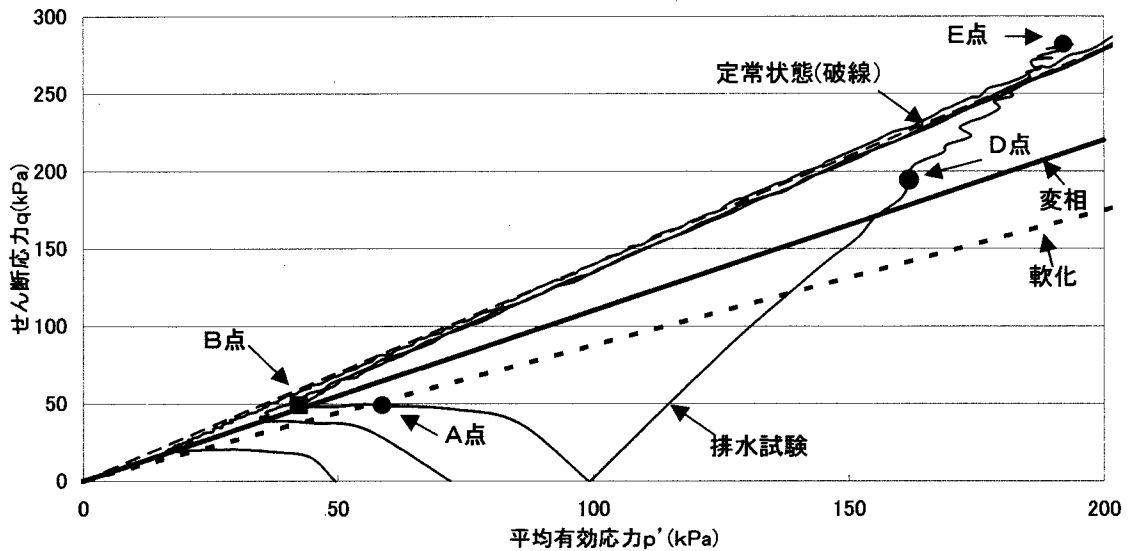


図-3 有効応力経路図

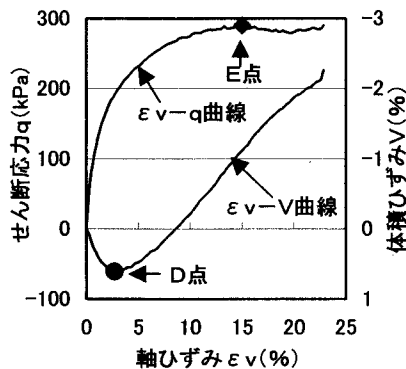


図-4 排水試験の結果

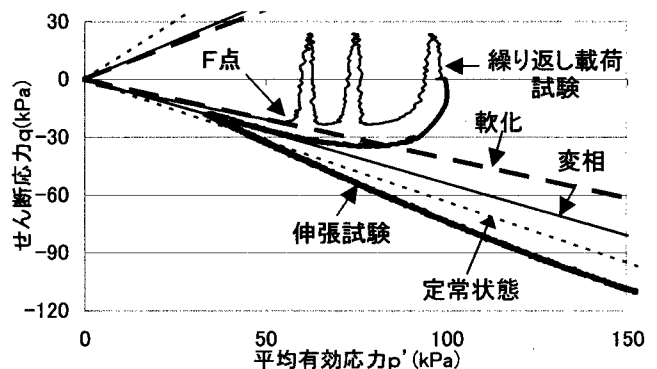


図-5 有効応力経路図

変形特性の変化点を規定する条件と考えられる。図-4は拘束圧98kPaの排水試験で得られた応力-ひずみ-体積ひずみ ($q - \varepsilon_v - v$) の関係を表すグラフである。D点はダイレイタンスが負から正に変化する点、E点は定常状態に達した点である。D点およびE点を図-3の $p' - q$ 平面上で示すと、それぞれは変相及び定常状態の条件を表す線の近くにプロットされる。図-5は繰り返し载荷試験及び伸張試験の有効応力経路図である。両振りの繰り返し载荷三軸試験の有効応力経路をみると、F点で伸張試験側の軟化条件を表す直線にあたり、この直線に沿って過剰間隙水圧が急上昇して破壊することがわかる。なお、図-5で伸張試験の有効応力経路を示す曲線が、原点と定常状態に達する点とを結ぶ線(破線)の外側に、はみ出ているのは、曲線が下に凸となっているためである。

4. あとがき：同じように作成した砂の供試体に対して、何通りかの三軸試験を行い、ゆる詰め砂の変形特性が変化する3点に着目して結果を整理した。本研究では、実施した実験の範囲内で以下の2点が明らかとなった。(1)初期拘束圧を変えて行った試験から得られた結果を整理すると、軟化点、変相点、定常状態に達する点の3点とも、 $p' - q$ 平面上において、それぞれ原点を通る直線上にほぼ並ぶ。この3線は変形特性の変化点を規定する条件となっていると考えられる。(2)液状化試験として、両振りの繰り返し载荷三軸試験を行って得られた有効応力経路を、 $p' - q$ 平面上描くと、軟化条件を表す直線に沿って過剰間隙水圧が急上昇して破壊に至る。