

粘性土の除荷時の挙動について

京都大学防災研究所 青木 正吉
 京都大学 大学院 ○ 三村 衛

原 等方応力状態で正規または過圧密した粘性土に対して、せん断応力を与え、それを除荷したときの挙動、とくにタイレタンシー挙動に着目し、せん断応力変形履歴の影響について調べている。¹⁾²⁾³⁾ これら一連の研究から、除荷後、応力比が小さい挙動は、タイレタンシーの発生しない部分を経て再び顕著なタイレタンシーを発生する特性を示すことが明らかになった。本報告は、(P, q, w)空間での状態境界面の概念を用いて、正規圧密粘性土の除荷後の弾性領域(タイレタンシーの発生しない領域として定義)の大きさを三次元的に評価し、排水(P-応)、非排水両試験の結果を統一的に解釈することを試みたものである。ここで P : 平均有効応力, $q = \sigma_1 - \sigma_3$ 軸差応力, w : 含水比とある。

実験 練り直し後再圧密した粘性土を用いて、 $P = P_0$ (392 kPa) で正規圧密した後、排水または非排水とせん断した。排水試験は応力制御により P -定値、所定の応力比 $q (= q_P) = k \times P$ まで三軸圧縮応力状態とせん断した後、除荷し、伸張状態と破壊させた。応力比が k 関係より、除荷時にタイレタンシーが発生し始める点(赤字 E_0 を付す)を決定した。一方非排水試験は、ひずみ制御(軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a = 2.5 \times 10^{-3}$)により所定の応力比 k まで三軸圧縮応力状態とせん断した後除荷し、伸張状態と破壊させた。得られた有効応力経路から、除荷時に P の変化がほぼ無い部分を経て再び P に変化が現われ始める点(赤字 E_0 を付す)を決定した。この点以後排水試験同様、タイレタンシーが顕著になる。実験の詳細は文献(1)に譲る。

結果 図1に排水試験の、図2に非排水試験の弾性領域の大きさ $(q_R - q_{E0})$ と、除荷開始時の応力比 k の関係を示した。図2には、除荷時にせん断応力 q と、せん断ひずみ ϵ ($= \epsilon_a$) との直線になる領域 $(q_R - q_{E0})$ も併せて示しているが、これよりむしろ、除荷後まず q と ϵ の直線性が失われ、ついで、タイレタンシーの発生が見られる。 q と ϵ の直線性に着目した

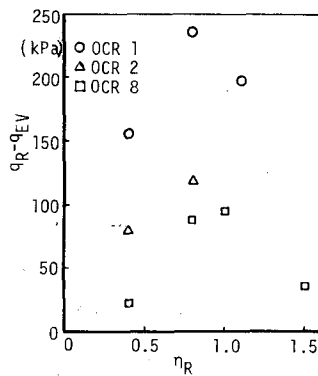


図 1

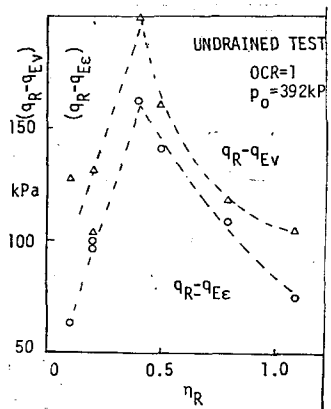


図 2

弾性領域に対するせん断履歴の影響については既に考察⁴⁾を加えているのを省略する。両図から弾性領域は η_R がある値(排水では 0.8, 非排水では 0.4)以下では k とともに増大するが k がそれよりも大きくなるし逆に小さくなる傾向が見られる。

考察 (P, q, w)空間において、ある領域の外側には土の状態は存在しないという領域; 状態境界面(State Boundary Surface; 略して S. B. S.) の概念を導入され、正規圧密粘性土の応力~

ひずみ挙動を説明する上で重大な役割を果たしている。Cambridge Theory⁵⁾にみられるように

正規圧密粘性土の非排水経路群は、S.B.S.を形成し(仮定①)、(P,q)面上の非排水有効応力経路は圧密圧力 P_0 に拘らず、原点に関して相似である(仮定②)と仮定すると、S.B.S.は(q/P_0 , P/P_0)の平面で一義的に決定される。ここに P_0 は、Hvorslevの等価圧密圧力であり、非排水状態では P_0 に等しい。さらに正規圧密状態で、 P -一定で排水せん断したときの状態経路群はS.B.S.面上にある(仮定③)と仮定する。以上の仮定を踏まえ、排水試験に際しておこる w の変化を P_0 の変化に変換することにより、排水、非排水の結果を比較する方法を試みた。仮定①②③より、正規圧密状態より、排水(P -一定)、または非排水せん断したとき得られる(q/P_0 , P/P_0)面上の状態経路は同一になり、図1、図2の結果を統一的に解釈する上で有効である。図3はこのような考え方に基

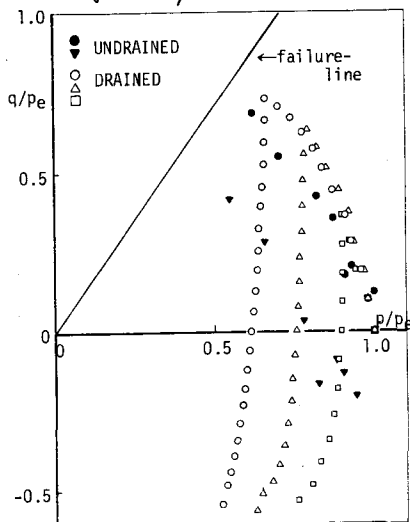


図 3

づいて、図1に示した実験の状態経路と、図2に示した実験のR点(除荷開始点)、およびE点をプロットしたものである。排水試験の状態経路は非排水試験から得られた弾性領域の限界(図に点線で示す)付近から曲がり始めている。すなわちダイレタンスーが発生し始めていることがわかる。このことは(P,q,w)空間で非排水試験から決定された弾性領域は、排水試験の挙動も説明するものであることを示している。図4は、 η_R と η_{EV} との関係を示したものであり、図3の結果と同様に、 η_R が求まれば η_{EV} が決定されることを表わしている、 $\eta_R \sim$

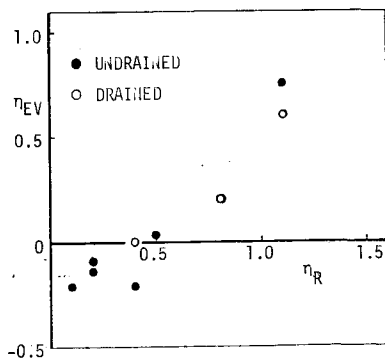


図 4

η_{EV} 関係を定式にすれば、状態境界面の形がわかって、いる場合に、図3の弾性領域の大きさを三次元的に評価できる。

おわりに せん断変形履歴をS.B.S.上で与えた場合の除荷時の弾性領域の大きさについて、三次元的に評価した。S.B.S.内におけるせん断履歴の影響については、今後の課題としたい。

謝辞 平素、御指導を賜っている京都大学防災研究所 柴田徹教授、田代五紀尚助教授に心より謝意を表します。また実験に際しては、同清水博樹技官の援助に負うところが多い。記して謝意を表します。なお、実験データの解析には京大防災研究所資料センター F A C O M - M 1 3 0 電子計算機を使用した。

参考文献 1) 今里悦二(1980) 京都大学工学部卒業研究論文 2) 清水正喜, 今里悦二(1980) 第15回土質工学会研究発表会 pp.473-476 3) 清水正喜(1980) 京都大学防災研究所年報 23-B2 pp.73-86 4) 清水正喜, 三村新(1981) 第16回土質工学会研究発表会(東京院) 5) FEEDER Roscoe, K.H. and Burland, J.B., Engineering Plasticity, Cambridge Univ. Press 1968 pp.535-609