

異方過圧密粘土の応力～ひずみ関係に及ぼす応力履歴の影響

広島大学大学院
広島大学工学部
広島大学工学部
広島市

学生員
正 員
正 員
正 員

○新川 直利
吉國 洋
森脇 武夫
池田 英治

1. まえがき

現在提案されている土の構成式の多くは等方圧密された正規圧密粘土に対するものであり、これらのモデルを異方過圧密粘土に適用するには様々な問題がある。そこで本研究では、より完全な構成式の構築を目的として、異方過圧密状態にある飽和粘土の変形特性を応力履歴を考慮して検討するため、応力比一定で異方圧縮を行った後、同じ径路で除荷し過圧密状態にした試料に対し平均有効応力一定で除荷するという三軸伸張試験、および所定の応力比で載荷、除荷を繰返す繰返し載荷試験を行った。

2. 試料及び実験方法

表-1 広島粘土の物理的性質

試験に用いた試料は繰り返した広島粘土で、
0.5kgf/cm² (49 kpa) の鉛直荷重を約2週間与え、一次元的に予圧密を行ったものである。
表-1 に広島粘土の物理的性質を示す。この試料を直径3.5cm、高さ8.0cmの円柱形に成形し、特殊三軸試験装置を用いて各試験を行った。載荷は速度を任意に変えることのできる漸増減載荷装置を用いて、排水状態で間隙水圧が十分消散できるようなゆっくりとした載荷速度 (0.5kgf/cm²/day) で行った。伸張試験は図-1 に示すように、応力比一定 ($\eta=0$) で所定の応力点E ($p=2.0, q=0$ kgf/cm²) まで等方圧縮した後24時間静置して、 p : 一定、 q : 減少という応力経路を与えるCase-1、応力比一定 ($\eta=0.75$) で所定の応力点A ($p=2.0, q=1.5$ kgf/cm²) まで異方圧縮した後、過圧密比が1.25, 2.0, 5.0となるよう、点B ($p=1.6, q=1.2$ kgf/cm²) 点C ($p=1.0, q=0.75$ kgf/cm²)、点D ($p=0.4, q=0.3$ kgf/cm²) まで除荷し、24時間静置した後 p : 一定、 q : 減少という応力経路を与えるCase-2~4 という4通りについて行った。繰返し載荷試験は、図-2 に示すように、応力比一定 ($\eta=0$) の等方圧縮で所定の応力点F ($p=2.0, q=0$ kgf/cm²) に達した後24時間静置して点G ($p=1.0, q=0$ kgf/cm²) まで除荷し、点Fと点Gとの間で載荷、除荷を5回繰り返すCase-5、応力比一定 ($\eta=0.75$) での異方圧縮で所定の応力点H ($p=2.0, q=1.5$ kgf/cm²) に達した後24時間静置して点I ($p=1.0, q=0.75$ kgf/cm²) まで除荷し、点Hと点Iとの間で載荷、除荷を5回繰り返すCase-6、の2つの応力経路について行った。

液性限界 L.L (%)	塑性限界 P.L (%)	塑性指数 P.I (%)	比重 Gs	三角座標による分類
66.3	35.0	31.3	2.68	シルト質粘土

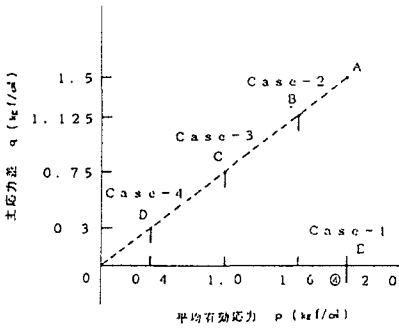


図-1 応力経路 (伸張試験)

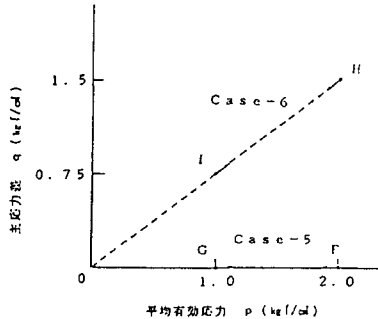


図-2 応力経路 (繰返し載荷試験)

3. 実験結果と考察

まず、伸張試験について考察する。図-3 に実際に与えた破壊終了時までの応力経路を示す。図から明らかなように、各ケースとも所定の応力経路からかなり逸脱している。これは実験装置の不備によるものである。

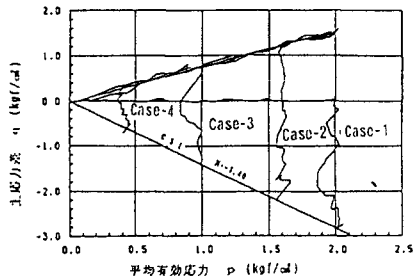


図-3 応力経路と限界状態線

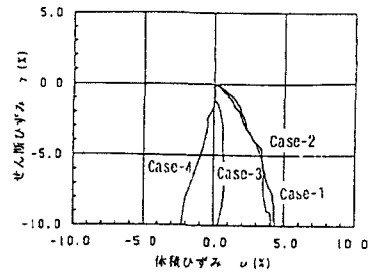
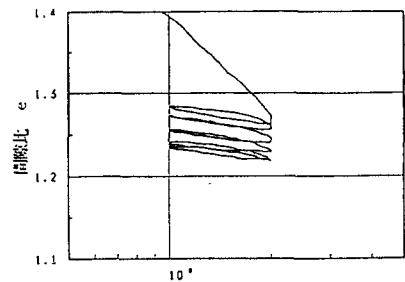
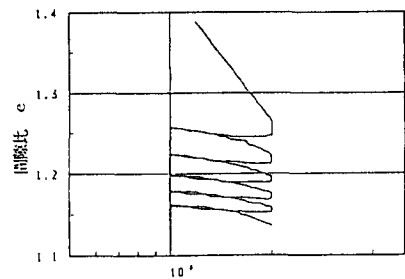


図-4 ひずみ経路 (Case-1~4)

るが、今回は伸張側での変形および破壊挙動の傾向をつかむことに主眼を置いて考察する。図-3において、正規圧密粘土のCase-1より限界状態線の傾きを求めると $M = -1.4$ となった。広島粘土の過去の試験で求められた圧縮側での傾き $M = 1.65$ と比較すると、従来から言われてきたよう伸張側での傾きのほうが小さくなっている。また、過圧密比の大きなCase-4では、限界状態線を越えたところで破壊が起こっている。従って、伸張側でも過圧密粘土の破壊はHvorslev面によって規定されると考えられる。図-4にStress Probe後の体積ひずみ v とせん断ひずみ γ との関係を示す。降伏曲面内を等方弾性と仮定している従来の弾塑性モデルでは、今回の試験の様に平均有効応力 p を一定として除荷する場合、体積ひずみは生じない。しかし、明らかに体積ひずみが生じている。これはダイレイタンスによって生じたと考えられる。本試験では所定の応力経路からかなり逸脱していたため定量的議論はできないが、過圧密比が大きくなるにしたがって負のダイレイタンスから正のダイレイタンスへと変化するという傾向は従来からの指摘と一致した。

次に、繰返し載荷試験の各ケースの $e \sim \log p$ 関係を図-5、図-6に示す。繰返しを開始してからの挙動をみると間隙比 e が徐々に減少しているのが分かる。これはひずみが蓄積されていることを示している。降伏曲面内を等方弾性と仮定している従来の弾塑性モデルでは、この様な挙動は表現できない。また、明らかにヒステリシスループを描いているのが分かるが、この様な繰返し載荷に対する挙動も従来の弾塑性モデルでは表現できない。さらに、繰返しを開始してからの挙動をもう少し詳しく見ていく。膨潤曲線と再載荷曲線とが交わる点は、等方圧密したCase-1においては除荷開始点の近くに位置するのに対し、異方圧密したCase-2においては等方圧密したものに比べて左に位置しているのが分かる。すなわち、一回の膨潤～再載荷過程においては異方圧密した粘土のほうが、間隙比の減少量が多いことを示している。また、それぞれのヒステリシスループの間隔は繰返し回数が増えるにしたがって、わずかではあるが狭くなっていることが分かる。これは、粘土は繰返し荷重を受けるとひずみが蓄積していくが、その蓄積量は繰返し回数が増えるにしたがって少なくなるという性質を物語っている。

図-5 $e \sim \log p$ 関係 (Case-5)図-6 $e \sim \log p$ 関係 (Case-6)