

III-A 178

長期繰返し荷重を受ける粘土の圧密沈下と間隙水圧挙動

日本大学理工学部 正会員 卷内 勝彦 峯岸 邦夫
 日本大学大学院 学生員 ○吉岡 亮
 日本大学研究生 正会員 崔 仁 鎬

1 まえがき

繰返し圧密現象は、交通荷重をはじめ物流倉庫、地下水位変化等による荷重の周期的変動を受ける軟弱基礎地盤においてしばしば見られる。一般に、繰返し圧密現象は静的圧密現象に比べ二次圧縮的過大沈下が長時間続き、通常の圧密理論では説明ができない。また、繰返し荷重による圧密沈下の影響は複数の要因が作用しているとされ、その基本特性は未だに明確にされていない部分が多く、現象論的解明と理論背景の確立が重要な課題とされている。そこで本研究では、載荷－除荷の振幅が一定の場合について繰返し圧密の経時の変化を、平均圧力で行なった長期静的圧密試験結果と対比して調べることにした。

2 試料および実験方法

実験に用いた試料は、粉末状カオリン粘土に初期含水比が100%になるように蒸留水を加えて団粒が残らないように十分練り混ぜた後、内径30cm、高さ50cmの大型一次元圧密装置を用いて一定圧力下で圧密を行い試料を作製した。供試体は試料を直径60mm、高さ20mmに成形し、脱気水を満たした間隙水圧測定装置付き圧密容器にセット後、供試体の初期条件を統一する目的で標準圧密試験装置を用いて試料作製時と同等圧力下で予備圧密を行った。静的圧密試験は、圧密圧力を $p = 200 \sim 360 \text{ kPa}$ の5種類、繰返し圧密試験は空圧式圧密試験装置を用い、載荷－除荷時の圧力を $p = 280 \sim 200, 360 \sim 280 \text{ kPa}$ 、載荷波形は矩形、周期100s（載荷：除荷 = 50s:50s）とし、試験期間は静的圧密試験は沈下の収れんが確認されるまで、繰返し圧密試験は990時間として圧密沈下量（ d ）および間隙水圧（ u ）の測定を行った。

3 実験結果および考察

図-1は、静的載荷の基準圧力（繰返し圧密圧力（載荷・除荷時）の平均圧力で、240kPaと320kPa）と各繰返し圧力における時間－沈下量の関係を示したものである。この図より、初期段階では繰返し圧密時の沈下量は平均圧力と同じ圧力の静的圧密の沈下量より小さいかほぼ等しいが、長時間経過後の繰返し圧密の沈下量発生は静的圧密の沈下量よりも卓越することを示している。すなわち載荷－除荷の圧力変動を連続的に受けることによって、供試体内部の土粒子骨格構造に大きなせん断変形ないしは破壊が生じ、その結果として長期にわたるクリープ変形、つまり二次圧縮沈下を生じると考えられる。その根拠として、今回の繰返し圧密試験では収れんを確認するに至らなかったこと、および最終段階では試料が噴注状態になり圧密容器周辺の隙間から噴出していることが挙げられる。一方、静的圧密の沈下量は約400時間経過後には収れん傾向に転じ、収れんに要する時間は載荷圧力の大きさにほとんど影響を受けないことがわかる。

図-2は、静的圧密試験（280, 320, 360kPa）による圧密圧力（ p ）に対する間隙水圧（ u ）の比（ u/p ）と時間の関係を示したものである。この図より u/p は試験開始直

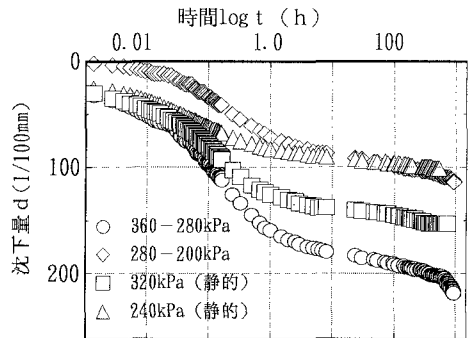


図-1 時間－沈下関係

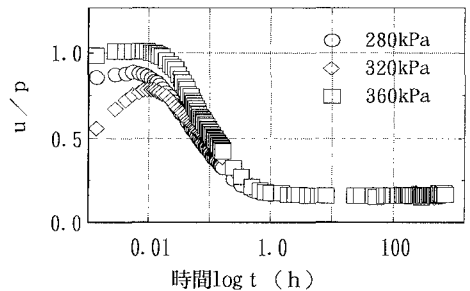


図-2 静的圧密の u/p

後には各圧力により差がみられるものの、試験終了時にはほとんど差異がなくなっている。このことから、 u/p は圧密圧力の差にかかわらず最終的には一定値に落ち着くことがわかる。

図-3は、繰返し圧密（載荷360kPa-除荷280kPa）の u/p と時間の関係を示したものである。静的圧密の場合と取れん傾向は類似しているが、収束後の載荷時 u/p は除荷時より若干大きい値を維持し、これが長期的圧密の主因と考えられる。試験開始から400時間前後に載荷時と除荷時の u/p の大きさが僅かに逆転しているが、これは繰返し作用で噴泥状態化したことによる影響と考えられる。

図-4は、繰返し圧密（載荷360kPa-除荷280kPa）の経時沈下量を試験開始直後、10分後、72時間後の時点で計測したものである。この図より試験開始直後は除荷時においても沈下が進行するが、試験開始から10分以上を経過すると除荷時には沈下発生がほとんど生じなくなるのがわかる。これは圧密初期段階では除荷時においても間隙水圧が高いため、沈下促進傾向にあるが、試験開始から10分を経過する頃から間隙水圧は消散傾向に転じ粒子間の弾性的な力が卓越しはじめるためと考えられる。

図-5は、繰返し圧密（載荷360kPa-除荷280kPa）による u/p の経時変化を示したものである。この図より試験開始直後は u/p に載荷-除荷の影響は見られずに単調な減少傾向を示すが、約250秒経過時点から規則的な u/p の変動が出現する。また、さらに圧密が進行するにしたがって、載荷時と除荷時の u/p の振幅が減少してくるのがわかる。

4 結論

本研究の範囲内で得られた結果をまとめると、以下のようになる。

- ① 繰返し圧密では、載荷-除荷の荷重変動を連続的に受けることにより供試体内部の粒子再配列（骨格破壊）を誘起させる。その結果としてクリープ変形（二次圧縮）を促進させ、最終的繰返し圧密沈下量は静的圧密沈下量に比べて卓越する。
- ② 試料内部の間隙水圧は圧密圧力の大きさに比例し、時間経過とともにある一定値に収束する傾向が見られ、 u/p の取れん傾向は、圧密圧力の大きさ、載荷時・除荷時の振幅にはあまり影響されない。
- ③ 繰返し圧密の初期段階においては載荷・除荷時ともに間隙水圧が高く上昇し圧密が促進するが、時間の経過とともに間隙水圧は次第に消散し、除荷時には粒子骨格による復元性が得られるようになる。
- ④ 繰返し圧密のごく初期段階においては載荷時と除荷時の間隙水圧の波形は明確には現れないが、数サイクル経過後は、載荷時と除荷時の間隙水圧の差が波形として明確に現れ、その後次第にその差は小さくなり、消散する傾向を示す。

【謝辞】本実験を行うにあたっては、本学学生の長嶺博隆、宮野健両君の協力を得ました。ここに謝意を表します。

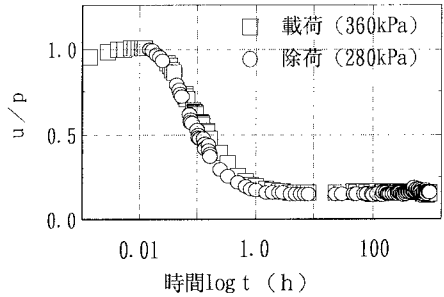


図-3 繰返し圧密の u/p

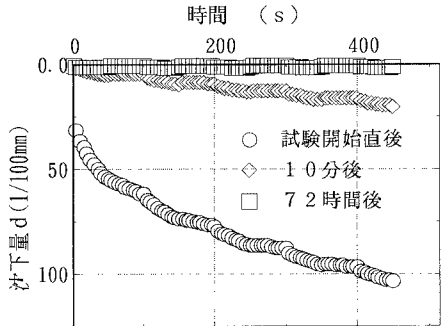


図-4 繰返し圧密時の沈下波形

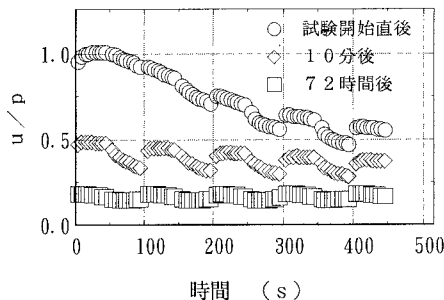


図-5 繰返し圧密時の u/p 波形