

III-221 粘土の圧密度とせん断強度の関係

九州産業大学 工学部 正員 松尾 雄治
同 上 正員 石堂 稔
同 上 正員 濱村 信久

1. はじめに 粘土は圧密進行に伴う強度増加を期待できる性質があり、軟弱地盤対策工(緩速施工法)においてはこの性質を基本に施工安全性の検討を行う場合も多い。これまでの実験から圧密に伴う強度増加は沈下量から推定されるひずみに関する圧密度の進行より遅れることを報告した。本報は、更に簡便な実験方法で、圧密進行過程における圧密沈下、間隙水圧、せん断強度を測定し、圧密度(ひずみおよび応力に関する)とせん断強度の関係について検討した結果について報告する。

2. 試料および実験概要 佐賀市近郊から攪乱採取した有明粘土(土粒子密度 $\rho_s = 2.60 \text{ g/cm}^3$, 液性限界 $W_L = 88\%$, 塑性指数 $I_P = 55$)をモールド内で圧密し実験供試体(再成試料)とした。初期含水比を約 120%に調整した試料を15cmモールド(試料部初期高さ17.5 cm、湿潤単位体積重量 $\gamma_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$ 、上下両面排水)に詰め、上方より実荷重(圧密圧力 $p = 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 \text{ kgf/cm}^2$ の4段階)を載荷し圧密を進行させ、設定した日数経過後、図-1に示す位置(順序)でベーンせん断試験(粘土層中央深さ測定)を行い粘土強度を確認した。

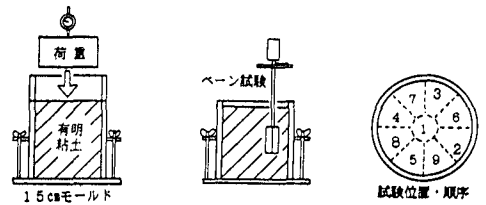


図-1 実験概要

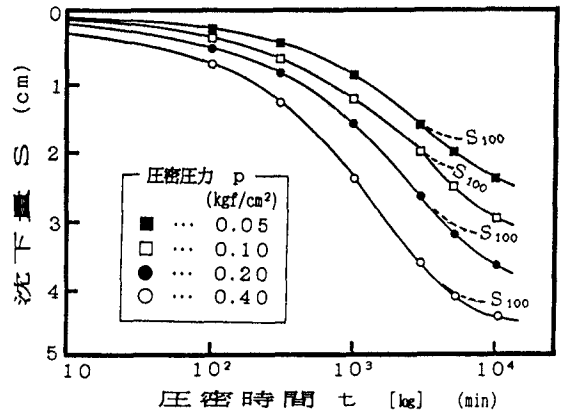


図-2 圧密沈下曲線

3. 実験結果と考察 図-2に各圧密圧力に対する圧密沈下曲線を示す。図中の S_{100} は、曲線定規法により得られる理論圧密度 100%に当たる圧密沈下量(一次圧密量)である。どの曲線においても S_{100} には、載荷5日前後(6000~8000時間)で達することがわかり、圧密圧力による違いは見られない。ひずみに関する圧密度の推定は、圧密曲線を基に一次元圧密の進行過程(各段階)における沈下量と S_{100} との比率を求め、以下の検討に用いた。

図-3に間隙水圧の経時変化(消散過程)を示す。加工した小型間隙水圧計を粘土層中央深さに直接埋込み、粘土層の間隙水圧(u)を測定した。 $p = 0.20, 0.40 \text{ (kgf/cm}^2)$ の測定で載荷初期段階に間隙水圧が低下する現象を示しているが、これは実荷重が大きくなり荷重のバランスが悪く傾いたために、モールドと荷重の接触面に摩擦が生じ、 p が均等に作用しなかったものと思われ、他の測定結果から点線の過程をたどると推測される。特に $p = 0.40$ の測定においては u の最大値が p よりもかなり低いことは、摩擦の影響が大きく生じ

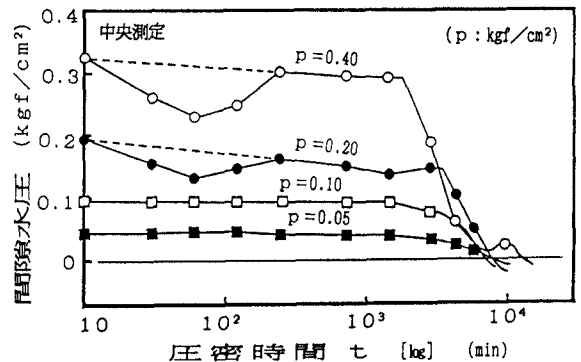


図-3 圧密時間と間隙水圧の関係

ているものと考えられる。

過剰間隙水圧は、どの測定結果においてもかなりの時間経過(約5000時間)後に消散が始まることがわかる。この時間はひずみに関する圧密度では75~80%に当たる。その後急激に消散が進み、どのラインにおいても載荷8000時間程度でほぼ収束($u=0$)していることから、沈下現象と同様に圧密圧力による違いは見られないことがわかる。また、収束する時間は図-2の S_{100} に達する時間にほぼ相関している。応力に関する圧密度は、一次元圧密における間隙水圧の等時分布曲線から推定した平均圧密度である。

図-4にペーンセン断試験結果から、圧密時間と粘着力の関係を示す。粘着力は、載荷4000時間程度(ひずみに関する圧密度では70%程度)から徐々に増加を始め、一次圧密収束時間(約8000時間)においても増加途中であり、上限値には至っていない。破線で示す曲線は $p=0$ 状態で放置し、粘着力の変化を調べた結果であるが、強度増加が確認された。自重圧密沈下はわずかであり、むしろ粘土の強度回復力による強度増加が生じたものと考えられる。圧密による強度増加は、 $p>0$ 状態での測定値(実線)からこのライン(破線)を差引いた値となる。

圧密の進行程度を示す圧密度と圧密による強度増加量の関係を図-5に示す。縦軸は圧密進行過程(各段階)における強度増加量の最大増加量に対する比率(強度増加比率と呼ぶ)を表す。圧密度の進行に比べて強度増加の速度に明らかに遅れが見られる。その現象は、ひずみに関する圧密度、応力に関する圧密度のどちらの場合においても同様であるが、比較的応力に関する場合の方が対応がよいことから、施工時の動態観測に際しても間隙水圧測定を行う安全管理が望ましいと思われる。しかし、間隙水圧の実測は困難な面もあり通常(重要構造物以外では)は、沈下観測を優先していることが多い。したがって、このような場合においては、特に図-5の現象を把握した上での安全管理をする必要があると思われる。

4. ま と め 以上のことをまとめると、次のようになる。

①圧密沈下と間隙水圧消散の関係について

圧密沈下と過剰間隙水圧の消散は、かなりの時間差を生じ進行するが、一次元圧密の収束(推定される圧密度100%)に達する時間は、ほぼ等しく相関性がみられる。

したがって、緩速施工時の安全性検討には、これらを十分考慮した計画・設計・施工を行う必要がある。

参 考 「粘土の圧密度とせん断強度の関係」松尾・石堂・濱村 土木学会第46回年次学術講演会(Ⅲ)

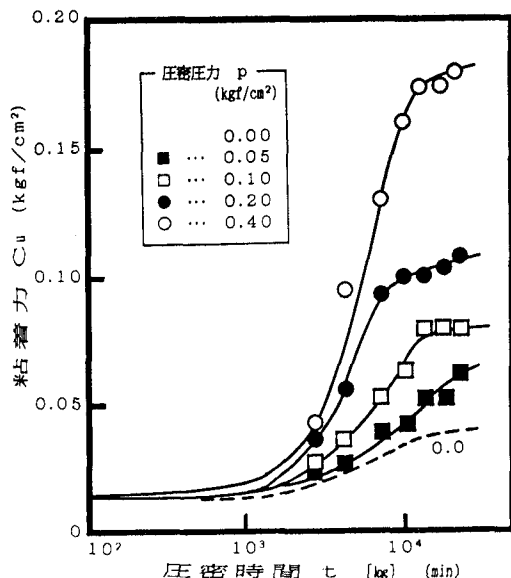


図-4 圧密時間と粘着力の関係

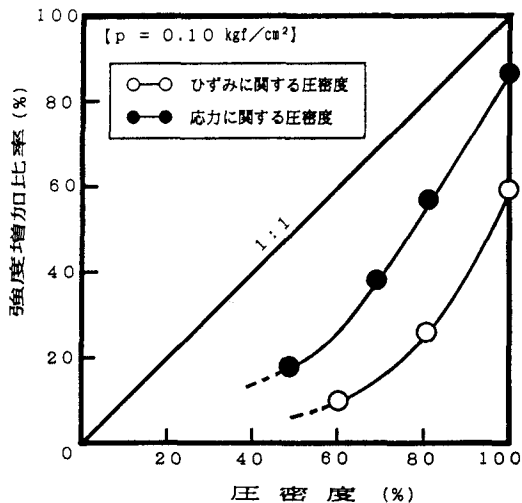


図-5 圧密度と強度増加比率の関係

②圧密度(ひずみ、応力)とせん断強度の関係

圧密による強度増加は、ひずみおよび応力に関する圧密度のどちらの進行過程よりも遅れる。強度増加は、圧密がかなり進行した段階で生じ、圧密度100%を過ぎてもある程度期待できる。