

粘土の圧密とせん断強度について

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 粘土は圧密による強度増加を期待できることから、緩速施工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。これまでに圧密に伴う強度増加は、ひずみ（沈下量）に関する圧密度の進行速度よりかなり遅れる傾向のあることを報告した。本報は、更に簡便な実験により圧密沈下・間隙水圧・せん断強度を測定した結果から、それらの相関性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 試料は、佐賀市近郊から撹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 $I_p = 55$ ）を用いた。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17.5cm）に密度が等しくなるように詰め、上方より実荷重を載荷し圧密させ（圧密圧力（ p ）= 0.05, 0.1, 0.2, 0.4 kgf/cm^2 の4段階、上下両面排水）、設定した所定日数経過後、図-1に示す位置（順序）でベーンせん断試験（測定深さは、粘土層中央深さ）を行い粘土強度を確認した。

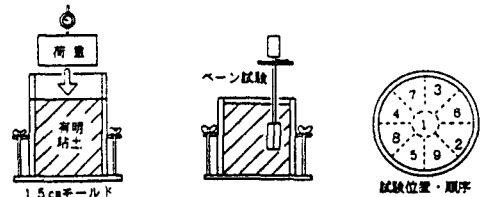


図-1 試験概要・位置・順序

3. 実験結果と考察 図-2に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、6000 時間程度（約4～5日）で達することがわかり、圧密圧力による違いは見られなかった。

図-3に間隙水圧の経時変化（消散過程）を示す。小型圧力計を加工した間隙水圧計を粘土中に、上・下面から2cmおよび中央深さに直接埋込み、土中の間隙水圧（ u ）を測定した。圧力載荷直後は、作用力である載荷圧力と等しい過剰間隙水圧（ $p = u$ ）が発生、反作用力としてほとんどを受持つことになるが、測定結果から間隙水圧が最大値（ $u = p$ ）に達するまでの時間に上部～中央～下部とわずかながら差（数分間）が生じていることがわかる。これは、圧力の作用面からの距離に依存する現象であると思われる。また、間隙水圧の消散過程においても測定位置での違いが生じており、上下部ではかなり早い時期から間隙水圧の消散が始まり、中央部は極めて遅いことがわかる。これは、排水距離に依存する現象であり、間隙

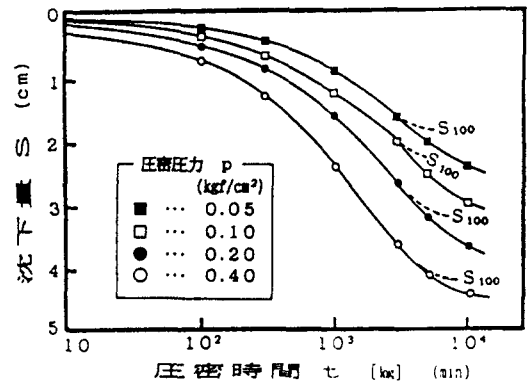


図-2 圧密沈下曲線

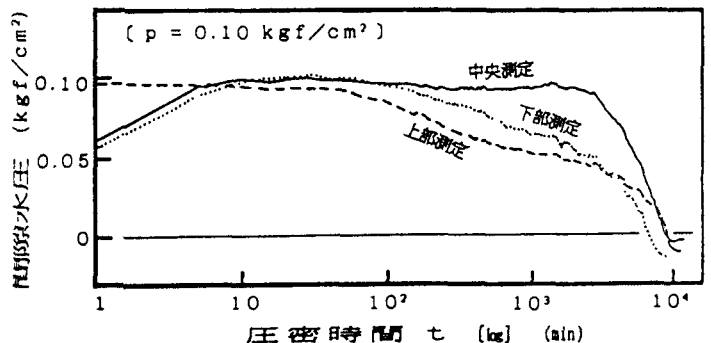


図-3 圧密時間と間隙水圧の関係

水圧の消散から圧密の進行過程を推測しても粘土層中央部が最も圧密の進行が遅い位置となることは予想できることである。

図-4 にすべての圧密圧力に対し、粘土層中央深さで測定した間隙水圧の経時変化を示す。圧密圧力(p) = 0.20, 0.40 (kgf/cm^2)の測定で載荷初期に間隙水圧が低下する現象を示しているが、これは載荷重が大きいために重りのバランスが悪く傾いたことで、モールドと重りに摩擦力が働き圧密圧力が均等に作用せず、特に0.40の場合においては間隙水圧の最大値が p よりかなり低いことから、実験誤差が大きく影響していると考えられ、他の測定値からみて点線の傾向を示すものと思われる。間隙水圧の消散は、どの圧力においてもかなりの時間が経過してから生じ始めることがわかる。

図-5 にベーン試験の結果から粘着力と圧密時間の関係を示す。粘着力は、載荷4000時間程度から徐々に増加を始め最終測定日(15日)を過ぎても多少増加する傾向を示している。点線で示す曲線は圧密圧力を載荷せずに放置し、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。自重による圧密沈下は微量であり、圧密よりも、むしろシキソトロピーによる強度増加が生じたと考えられる。

圧密現象における圧密沈下および間隙水圧の消散とせん断強度の関係を相対的に比較検討(図-2, 4, 5から)すると、一次圧密沈下量である S_{100} に達する時間と間隙水圧の消散する($u=0$)時間は、若干前者の方が早く差異はあるものの比較的相関している。このことを前提に、これらとせん断強度の増加傾向を比較すると、 S_{100} もしくは $u=0$ に達する時間、すなわち、推定されるひずみに関する圧密度100%あるいは間隙水圧消散から推定される応力に関する圧密度100%のどちらの場合においても、せん断強度は増加の途中であり、強度の上限値には至っていないことがわかる。100%を過ぎても強度増加はシキソトロピー効果などによりある程度期待できる。

4. ま と め

以上のことをまとめると、次のようになる。

- ① 沈下曲線から推定するひずみに関する圧密度100%と間隙水圧消散から推定する応力に関する圧密度100%は、達するまでの経路は異なるが、経過時間にはほとんど差異がなく相関している。
 - ② 強度の増加は、推定される圧密進行速度より遅れる。また、圧密度100%を過ぎてもシキソトロピー等により期待できるが、かなりの時間を要する。
- したがって、緩速施工時の安全性検討には、これらを十分に考慮した計画・設計・施工を行う必要がある。

謝 辞 この研究を進めるにあたり、実験およびデータ整理等に日々協力戴いた、本学卒業研究生 榎 崎 浩 一 君ならびに 畑 浩 一 君に感謝の意を表します。

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)

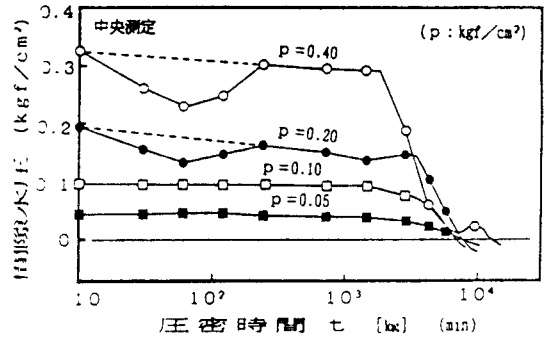


図-4 圧密時間と間隙水圧の関係

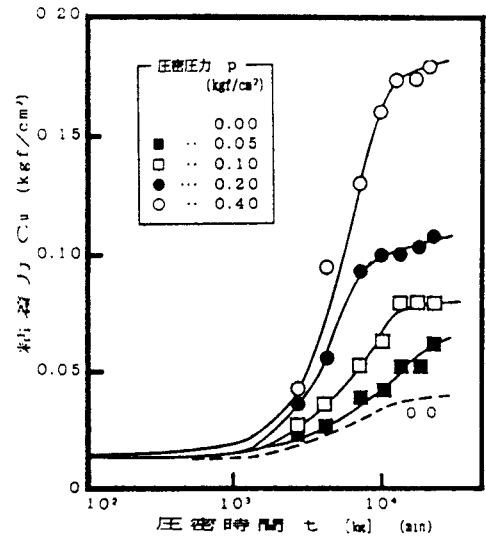


図-5 圧密時間と粘着力の関係