

# 段階載荷圧密試験結果の解釈と適用方法に対する一考察

大阪市立大学大学院 正 ○大島昭彦 高田直俊  
鹿島建設(株) 正 合田泰三

**まえがき** 文献 1), 2) で示した載荷時間と層厚を変えた圧密試験と透水試験結果は, 以下のようにまとめられる。

圧密試験から, 載荷時間が長いほど,  $f$ - $\log p$  関係は下方に位置し,  $c_v$  は小さく, 一次圧密ひずみ  $\varepsilon_{100}$  は小さい。層厚が大きいほど,  $f$ - $\log p$  関係は  $3t$ ,  $H^2$  時間載荷では下方に位置するが, 1 日載荷ではほぼ同じ位置となり,  $c_v$  は小さく, 1 日載荷の  $\varepsilon_{100}$  は大きく, 沈下曲線の形状は「Isotache 型」に,  $3t$  載荷の  $\varepsilon_{100}$  はほぼ一定となり, 沈下曲線の形状は「平行型」に,  $H^2$  時間載荷では両者の「中間型」になる。  $k$  は載荷時間と層厚の影響をあまり受けないが,  $k'$  はそれらの影響を受ける。  $m_v$  は載荷時間と層厚によらずほぼ一定である。

透水試験から, 実測透水係数に与える載荷時間と層厚の影響は見られず,  $f$ - $\log k$  関係は土に固有の性質である。透水試験と圧密試験による  $f$ - $\log k$  関係はほぼ一致するため, 圧密試験による透水係数の算定は  $k$  でよい。

本報告では, 上記 ~ の結果と今井<sup>3)</sup>による考え方を基に, 上記 ~ の結果に対する解釈および  $r$  補正の妥当性, 圧密試験結果の整理方法と実地盤への圧密試験結果の適用方法に対する考察を示す。

**$f$ - $\log p$  関係のモデル化** 一般に載荷時間が長いほど,  $f$ - $\log p$  関係は下方に位置することは解っている。これは  $f$ - $\log p$  関係の位置が圧密終了時のひずみ速度  $\dot{\varepsilon}$  に依存する ( $\dot{\varepsilon}$  小ほど下方となる) ためと考えられている。これから載荷時の圧密経路も  $\dot{\varepsilon}$  に依存すると考えると, 載荷後の  $\dot{\varepsilon}$  は圧密終了時よりも当然大きいため, 図-1 に示すように, その値に相当する  $\dot{\varepsilon}$  線まで右側に張り出すことになる。これは土の粘性効果が  $\dot{\varepsilon}$  に依存して一次圧密中から生じるためと解釈されている<sup>3)</sup>。ここでは, この圧密経路を図-2 に示すように簡略化し, 初期 (瞬時) に右に張り出した後 (AB 過程), 一次圧密線 (一次圧密中の平均  $\dot{\varepsilon}$  一定線) 上で一次圧密が生じ (BC 過程), 二次圧密過程 (CD 過程) に入るとしたモデルを想定して, 圧密試験結果の解釈を行う。

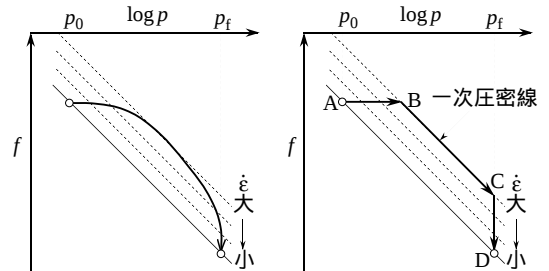
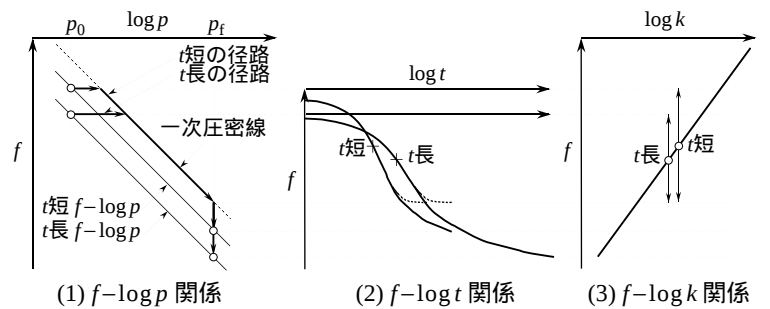


図-1  $f$ - $\log p$  の圧密経路 図-2 簡略化モデル

**圧密試験に与える載荷時間の影響** 載荷時間が異なる場合の圧密過程は, 先のモデルを用いて図-3 のように模式的に表すことができる。載荷時間が長いほど圧密終了時の  $\dot{\varepsilon}$  は小さいため,  $f$ - $\log p$  関係は下方に位置する ( )。載荷時には, 同じ層厚なら載荷時間によらず同じ一次圧密線を通るので, 載荷時間が長いほど, 圧密経路の張り出しは大きくなり, 二次圧密過程が長くなるため,  $\varepsilon_{100}$  は小さくなる ( )。 , より, 載荷時間が長いほど一次圧密域の平均  $f$  は小さいため, 平均的な  $k$  は小さく ( $m_v$  は一定 ),  $c_v$  も小さくなる ( ) と解釈できる。



(1)  $f$ - $\log p$  関係 (2)  $f$ - $\log t$  関係 (3)  $f$ - $\log k$  関係  
図-3 同じ層厚で載荷時間が異なる場合の圧密過程

**圧密試験に与える層厚の影響** まず, 1 日載荷のような一定時間載荷の場合は, 層厚によらず圧密終了時の  $\dot{\varepsilon}$  が等しいので,  $f$ - $\log p$  関係は同じ位置となる ( )。しかし載荷時には, 層厚が大きいほど一次圧密中の  $\dot{\varepsilon}$  は小さいため, 一次圧密線は下方に位置する。したがって, 図-4 に示すように, 層厚が大きいほど圧密経路の張り出しは小さくなり, 二次圧密過程が短くなるため,  $\varepsilon_{100}$  は大きくなる。しかし, 圧密終了時には層厚によらず同じ  $f$ - $\log p$  関係の位置まで戻ってくるので, 沈下曲線の形状は「Isotache 型」となる ( )。一方, 層厚が大きいほど一次圧密域の  $f$  の変化量が大きいので, 平均的な  $k$  は小さく ( $m_v$  は一定 ),  $c_v$  も小さくなる ( ) と解釈できる。

次に,  $3t$  載荷では, 層厚が大きいほど圧密終了時の  $\dot{\varepsilon}$  が小さいため,  $f$ - $\log p$  関係は下方に位置する ( )。また,

**Key Words:** 段階載荷圧密試験, 圧密係数, 透水係数, 相似則, 粘土

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

先と同様に一次圧密線は層厚が大きいほど下方に位置する。したがって、図-5 に示すように、圧密径路の張り出しは層厚によらず同程度と考えられるので、 $\varepsilon_{100}$  はあまり変わらず、同程度の二次圧密を受けるので、沈下曲線の形状は「平行型」となる( )。一方、一次圧密域の  $f$  の変化量は同程度であるが、層厚が大きいほど全体に  $f$  が小さいため、平均的な  $k$  は小さく( から  $m_v$  は一定)、 $c_v$  も小さくなる( )と解釈できる。

$H^2$  時間載荷では、載荷時間の影響が 1 日載荷と  $3t$  載荷の間となるため、沈下曲線の形状は「中間型」となる( )と解釈できる。

**r 補正について** 現行の段階載荷圧密試験では、得られた圧密量 - 時間関係に圧密理論解(粘性非考慮)をフィッティングして、理論解に整合する部分(一次圧密域)で圧密係数  $c_v$  を求めている。 $r$  補正は、実地盤の圧縮性に二次圧密を含む  $m_{v2}$  を採用するため、圧密係数は一次圧密比  $r (=m_{v1}/m_{v2})$ 、 $m_{v1}$ : 一次圧密域の値)で補正した  $c_v'$  ( $=rc_v = k/m_{v2}\gamma_w$ ) を、透水係数は一次圧密域の組み合わせとなる  $k' = c_v' m_{v2} \gamma_w (=c_v m_{v1} \gamma_w)$  を用いるべきという考え方である<sup>5)</sup>。しかし、先のモデルで考えると、今井<sup>4)</sup>が述べているように、一次圧密は図-2 に示す BC 過程であり、BC 間の  $m_{v1}$  は AD 間の  $m_{v2}$  にほぼ等しいので、 $r$  補正は不要ということになる。 $r$  補正の考え方は、図-2 における A 点と C 点を結ぶ直線上で一次圧密が生じることを想定したものであり、実際の圧密径路とは異なることになる。

**圧密試験結果の整理方法と実地盤への適用方法** 圧密試験から得られる  $c_v$  と  $k$  は一次圧密域で定義されるものである。通常  $c_v$  は、相乗平均  $\bar{p} = \sqrt{p_0 \cdot p_f}$  による  $\log \bar{p} - \log c_v$  として整理されているが、これでは二次圧密を含めた領域で定義されることになる。 $c_v$  と  $k$  は、図-6 の●で示すように一次圧密域での平均体積比  $\bar{f} = (f_0 + f_{100})/2$  に対して整理すべきと考えられる(図中に従来の整理に相当するものを破線、▲で示す)。なお、 $c_v$  は土の透水性と圧縮性を組み合わせたものであり、独立した土質定数とはいえない。透水性は土に固有の性質とみなせるため、本来は  $f - \log k$  関係を圧密特性の基本データとして用いた方がよいと考えられる。

実地盤(自然堆積粘土)では、層厚が大きく、載荷時間が長期となっているため、前述した考察からは、 $f - \log p$  関係は圧密試験結果よりも下方に位置し、また同時に一次圧密線も下方に位置することになる。しかし、実地盤と圧密試験結果のずれ(実地盤の初期状態  $(p_0, f_0)$  は、圧密試験から得られる状態よりも必ず上方にある)と矛盾する。また、現実には圧密試験結果しか情報がないので、実地盤の  $f - \log p$  関係と一次圧密線を決めることができない。現状では、やはり「実地盤の圧密径路は、圧密試験による 1 日載荷の  $f - \log p$  関係上を進む」と考えざるを得ない。この場合には、圧密径路の張り出しは生じない(一次圧密線が 1 日載荷線に一致する)と考えることになる。したがって、図-6 に示すように、圧密試験結果から実地盤で想定される荷重範囲  $(p_0, p_f)$  に対応する  $(f_0, f_f)$ 、 $(c_{v0}, c_{vf})$  または  $(k_0, k_f)$  (ただし、 $c_v, k$  は上記の整理方法による)を圧密計算に用いればよいと考えられる。

**参考文献** 1) 大島, 他: 粘土の段階載荷圧密試験における載荷時間と層厚の影響, 土木学会第 56 回年次講演会, 2001 (投稿中). 2) 大島, 他: 段階載荷圧密試験と透水試験による粘土の透水係数の比較, 土木学会第 56 回年次講演会, 2001 (投稿中). 3) 今井: わかりやすい土質力学原論(第一回改訂版), 土質工学会, pp.187~244, 1992. 4) 今井, 他: 圧密係数に関する 2, 3 の検討, 第 24 回土質工学研究発表会, No.165, 1989. 5) 三笠: 圧密試験の整理方法について, 土木学会第 19 回年次講演会, III-7, 1964.

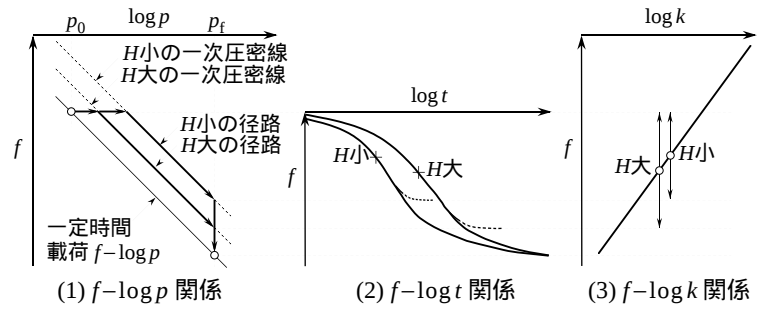


図-4 異なる層厚で一定時間載荷の場合の圧密過程

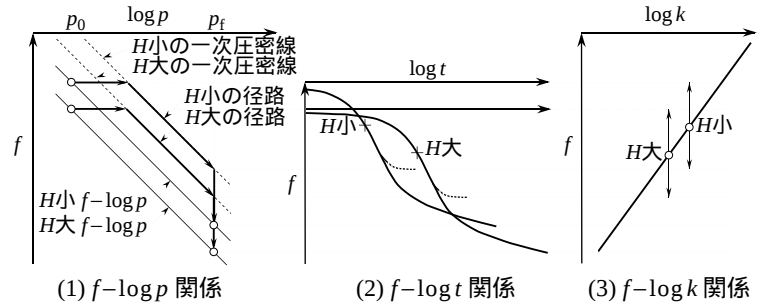


図-5 異なる層厚で 3t 載荷の場合の圧密過程

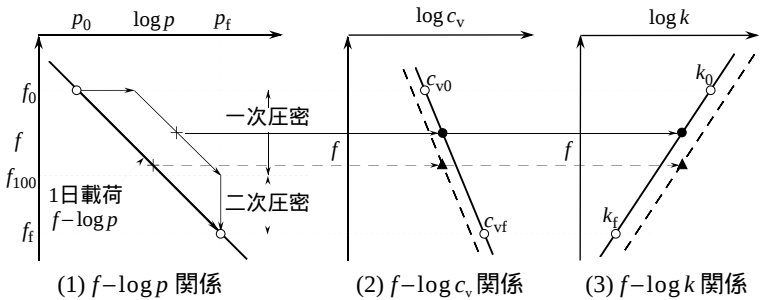


図-6 圧密試験結果の整理方法と実地盤への適用方法