

レンズ状透水性砂層の圧密沈下速度におよぼす影響

佐賀大学 正員 ○佐々木広光
 正員 荒牧 軍治
 正員 古賀 勝彦

1. まえがき

砂層は粘土の 1000 倍以上の透水係数を有するため、砂層と粘土層が混在する場合は、圧密の速度を支配する砂層の C_v はほぼ無限大と考えることが良い。こうした砂層を層状に含む粘土地盤上に、広い領域にわたって埋め立てを行うような場合は、1 次元圧密と考えることが良い。しかし盛土载荷のような 2 次元問題において、レンズ状にはさまれた砂層の存在は圧密速度に何らかの影響を与える。例えば粘土地盤上に盛土構造物を構築すると、過剰間隙水圧が発生し、その値は構造物真下で高く、盛土部から離れるにしたがって小さくなるが、途中に砂層があると、水平方向に間隙水圧の拡散が起こり、圧密沈下の速度に大きな影響を与えたと考えられる。

著者等は、透水性砂層を合理的に取り扱うことのできる、境界要素法による透水性薄層モデルを提案し、その解析解がきわめて安定で、有効であることを示した。そこで、本研究では透水性薄層の存在が圧密速度に与える影響を求めるため、地盤厚、透水性薄層の長さ及び深さ、排水条件を種々変化させて計算を行い、その特性を求めた。

2. 計算モデル

計算に用いたモデルを図-1 に示す。厚さ H の粘土地盤の $H/2$ の深さに、幅 B の透水性薄層をはさんでいる系を考える。荷重は、天端幅 16m、盛土高 6m、斜面勾配 1:2、単位体積重量 1.8 tf/m^3 の盛土に相当する台形荷重を瞬間载荷した。また横方向の解析領域は、盛土幅 4.0m の 2.4 倍の 9.6m をとり、粘土地盤の物性値としては、弾性定数 $E = 0.98 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu = 0.3$ 、透水係数 $k/\gamma_w = 0.102 \times 10^{-10} \text{ m}^4/\text{N} \cdot \text{s}$ なる有明粘土の標準値を用いた。

計算は、厚さ $H = 12 \text{ m}$ (上方排水)、 18 m (上方排水および上下排水)、 24 m (上方排水) の 4 つのケースについて、透水性薄層の幅 B を 0, 28, 48, ∞ と変化させて行った。なお、 $B = \infty$ とは透水性薄層の間隙水圧を、圧密期間中常に 0 とおくもので、透水性薄層は完全な排水層になる。

3. 考察

図-2 は $H = 12 \text{ m}$ (上方排水) における盛土下 A 点の鉛直変位の時間変化を示したものである。ただし、縦軸はある時刻の沈下量 u を最終沈下量 u_∞ で除した値 (沈下度と呼ぶ) である。

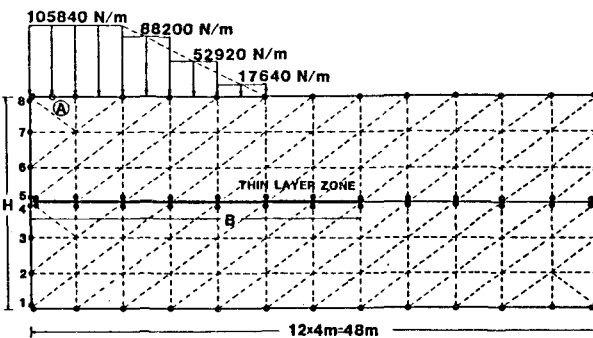


図-1 透水性薄層境界要素モデル

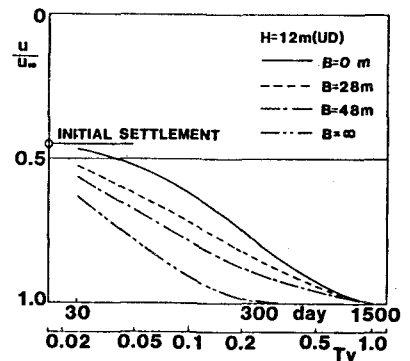


図-2 点Aの沈下度経時変化 ($H = 12 \text{ m}$ 、上方排水)

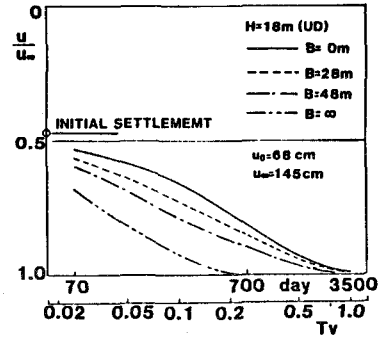
2次元圧密問題では、載荷直後に等体積せん断変形を起こす。A点の初期沈下量を u_0 とすると、初期沈下率 u_0/u_∞ は0.46～0.48となり、全沈下量の約半分が初期に発生し、残り半分が間隙水圧の消散にともなって圧密沈下を起こすといえる。

地盤厚12mの比較的浅い軟弱の場合でも、透水性薄層の存在は圧密進行速度に大きく影響することが分かる。透水層の幅Bが0m、24m、48m、 ∞ と増加するにともない、沈下度80%となる日数は、300日、210日、120日、60日と大幅に短縮される。薄い砂層が無限に広がっている場合、すなわち、完全排水層の場合は、砂層がない場合に比べて圧密進行速度を5倍も早める効果がある。また、盛土幅の2.4倍($B=28$ m)の幅を有するレンズ状砂層でも、圧密進行速度は2倍程度早くなる効果があり、その存在を無視して圧密を論ずることはできない。

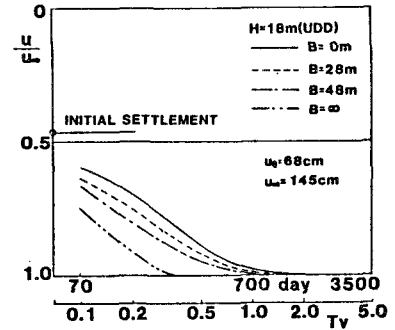
砂層がレンズ状にはさまれている場合と無限の広がりを持つ場合とでは、圧密沈下の進行の仕方に大きな差がある。完全排水層($B=\infty$)の場合、最大排水距離 H が小さくなったため圧密速度は早まっているが、圧密の進み方は砂層がない場合と非常に良く似ており、最大排水距離 H^2 に比例して圧密は進行するものと考えてよい。一方、砂層がレンズ状にはさまれている場合は、圧密促進の効果は圧密初期のみ起こり、時間の経過とともに次第に砂層の無い場合の沈下度曲線に漸近する。これは、レンズ状の砂層は間隙水圧を水平方向に平均化することにより圧密を促進する効果をもっているものの、排水層として働いているわけではないので、間隙水圧の変化の大きな圧密初期にだけ圧密を促進させる効果があることによるものと考えられる。

図-3(a),(b)は、 $H=18$ mの場合の底面排水条件の違いによる2ケースについて沈下度の経時変化を示したものである。当然ながら、底面排水条件では、底面非排水の場合に比較して圧密の進行は急速である。 $B=0$ 、28、48、 ∞ mのそれぞれのケースにおいて、90%沈下度までに要する日数は、底面非排水の場合が、1130日、980日、700日、220日であるのに対し、底面排水の場合は、380日、300日、240日、130日とほぼ2～3倍も圧密進行速度が早くなっている。

図-4は $H=18$ m、上方排水、 $B=48$ mの条件において、透水性薄層の位置を底面より $H/3$ 、 $H/2$ 、 $2H/3$ と変化させた場合の、圧密度の時間変化を示したものである。図より明らかなように、レンズ状透水性薄層の位置が圧密進行速度に与える影響は無視してよい。しかし、透水性薄層の幅が盛土幅に比しほぼ無限大とみなせる場合には、図-5から明らかなように、透水性薄層の位置の圧密進行速度に与える影響は無視し得ないので、圧密の計算にあたっては、透水性薄層の位置の影響を十分に考慮しなければならないことが指摘できる。



(a) 上方排水



(b) 上下排水

図-3 点Aの沈下度経時変化 ($H=18$ m)

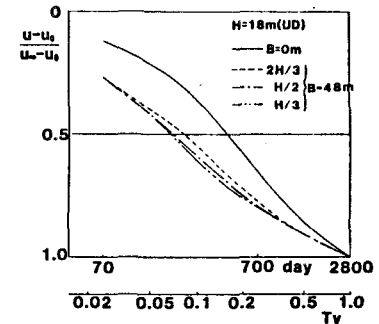


図-4 点Aの圧密度経時変化 ($H=18$ m、上方排水)

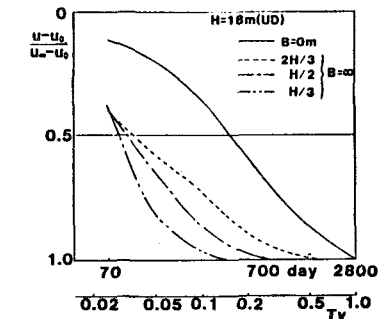


図-5 点Aの圧密度経時変化 ($H=18$ m、上方排水)