

1. まえがき

軟弱粘土地盤に地盤改良を施す際、施工能力上の制約や経済性の観点から、粘土層中間部までをバーチカルドレーン(以下VDと略す)で改良し、その下部に無処理層を残した状態の地盤改良、つまり不貫通VDによる改良が多く行われている。前報¹⁾では、不貫通VD改良地盤の圧縮量は設計理論のそれに比して、改良層では小さく、下部無処理層では逆に大きいこと等を現場実測データの分析から明らかにし、この問題の圧密変形メカニズムをFEMによるシリーズ解析によって検討した。本報では、FEM解析結果の中から、改良下部に残された無処理粘土層の間隙水圧の挙動について述べる。

2. 弾塑性有限要素解析

(1)解析モデル

解析は、粘性土に修正カムクレイモデル、砂質土(砂杭、盛土)は破壊を考慮できるバイリニアな応力-ひずみ関係に従うとし、解析は平面ひずみ条件で行った。シリーズ解析は、改良幅(B_T と略す) $B_T = 20\text{m}$ 、改良深度(H_T と略す)を $H_T = 13\text{m}, 16\text{m}, 20\text{m}$ (粘土層厚に対するドレーン貫通比 $R_{HT} = H/H_T = 0.65, 0.80, 1.0$ に相当)、荷重天端幅 $B_L = 20\text{m}, 40\text{m}$ について行った。ドレーンは厚さと剛性の無い排水面だけのものから、40%改良砂杭までを想定した。図-1に要素分割の例を示す。

解析地盤として層厚20mの海成粘土(正規圧密)を想定し、土質定数は広島粘土・福山粘土を参考に決定した。粘性土の主な土質定数は次のとおりである。

$\lambda = 0.291, \kappa = 0.0304, M = 1.4, K_0 = 0.597$

また、透水係数は圧密期間中 $C_v = 100 \text{ cm}^2/\text{day}$ で一定となるように定めた。砂質材料は太田川砂の三軸圧縮試験結果を参考に、次のように定めた。

砂杭: $\phi = 38^\circ, G_0/p_0 = 225, \nu = 0.25$, 盛土: $\phi = 30^\circ, G_0/p_0 = 140, \nu = 0.33$

ここに G_0 はせん断弾性係数である。

(2)解析方法

地盤に作用させた荷重は $6 \sim 8 \text{ tf/m}^2$ で、4段載荷を基本とし、図-1の要素分割の例に対してのみ、更に2段の載荷を加え合計 12 tf/m^2 までとした(勾配1:1.5で盛土高6mまで載荷)。載荷は瞬時載荷とし40~60ステップで、圧密過程は66ステップで解析した。

3. 解析結果

盛土中心直下最深部の非排水面の要素(要素1)の過剰間隙水圧の経時変化を図-2、図-3に示す。図中SDと表示しているのは、剛性を持たない排水面だけのドレーンである。これらの図からは次の二つのことが分かる。そのひとつは、VDの仕様(サンドパイルの剛性、改良率等)の違いによって、載荷直後に発生する過剰間隙水圧の絶対

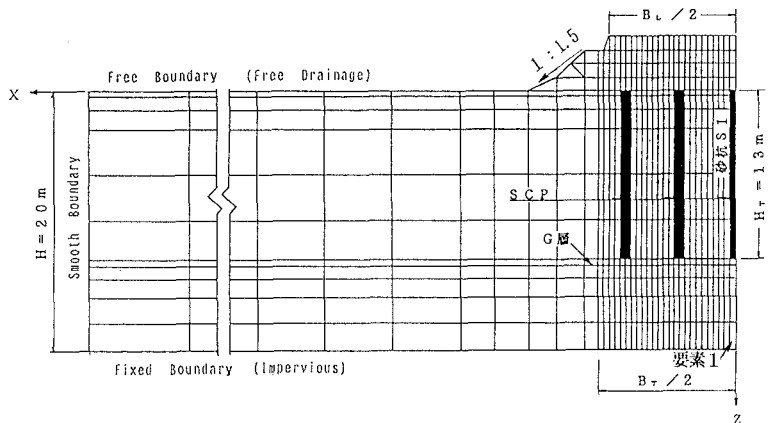


図-1 要素分割の例 ($R_{HT} = 0.65, B_T = 20\text{m}, B_L = 20\text{m}$)

値が異なることである。そして、いまひとつは载荷完了後の圧密過程で圧密応力の増加現象が認められることである。

前者は、VD改良の仕様によって、その下部の無処理粘土層への応力伝播が異なることを示すもので、VDの剛性が高いほど载荷直後に発生する過剰間隙水圧は大きい傾向にある。更に図-3の $B_L = 40\text{m}$ と盛土幅の広い場合、剛性砂杭であるSCP(0.2)とSCP(0.4)で発生した载荷直後の過剰間隙水圧 u は、盛土荷重 $q = 6.0\text{ tf/m}^2$ よりも大きい。これは载荷直後において周辺無処理域の盛土荷重が、地盤剛性の高い改良域に集中し作用することを示すものである。

また、圧密応力の増加現象についてみると、排水状態にあるにもかかわらず、初期に発生した過剰間隙水圧よりも大きな間隙水圧が圧密途中で発生している。この現象は、主に改良域の圧密に伴う地盤剛性の変化により、周辺無処理域の応力が改良域に再配分されることによって生ずると考えている。この現象は地盤剛性の変化が大きい程、また下部無処理層の圧密速度が遅い程顕著で、SDで際立った現象として認められるものと思われる。この結果はMandel-Cryer効果に類似しており、圧縮量を大きく、圧密時間を遅延させる効果を与える。図-4は境・尾上²⁾によって報告された現場実験工事における間隙水圧の実測データである。同図中 P_{1-8} の曲線は、ドレーン下部無処理粘土層の間隙水圧の経時変化を示すもので、経過日数340日前後からやや増加の傾向を示しており、上記の解析結果と同一の傾向にある。

上記の現象が、荷重強度によってどのように変化するかを、図-5に示した。縦軸は任意時刻の過剰間隙水圧 u を初期過剰間隙水圧 u_0 で除して正規化したもので、横軸 T は時間係数である。荷重強度が大である程、この現象が顕著で、圧密は遅れる傾向にある。

4. まとめ

不貫通VD下部無処理粘土層では慣用設計法で求めるよりも大きな過剰間隙水圧が発生し、経時的にも増加傾向を示す。これは圧縮量の増加と圧密遅れ現象につながる。

[参考文献] 1)住岡「不貫通バーチカドレーンの圧密」第26回土質工学研究発表会, 1991 2)境・尾上「測定値に基づくドレーン圧密遅延要因の考察」第14回土質工学研究発表会, 1979

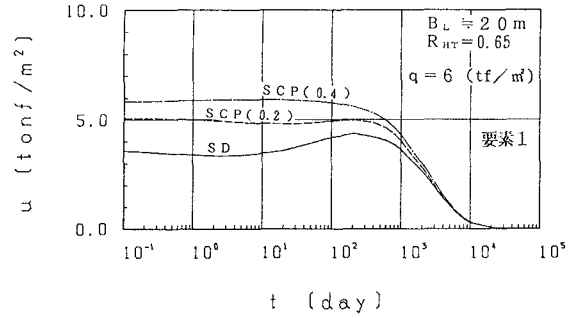


図-2 間隙水圧の経時変化 ($B_L \approx 20\text{m}$)

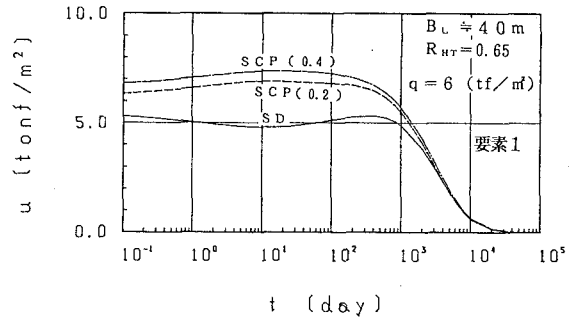


図-3 間隙水圧の経時変化 ($B_L \approx 40\text{m}$)

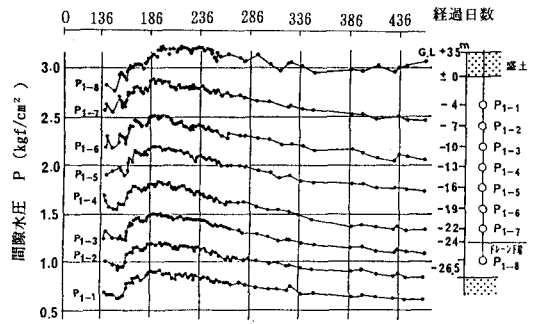


図-4 間隙水圧の実測例(境・尾上²⁾に加筆)

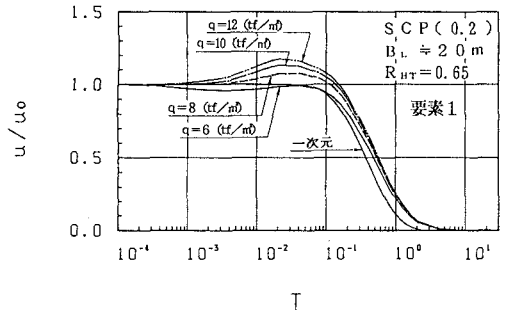


図-5 载荷強度の差異と間隙水圧の経時変化