

III-229 バーチカルドレンによる圧密の模型実験とその解析

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○住岡 宣博
広島大学工学部 正会員 吉国 洋

1. まえがき

サンドドレンによる改良地盤の現地調査結果から、ドレン間の粘土には応力やひずみの分布が生じることは既に報告した¹⁾。この分布は平均的に K_0 で等鉛直ひずみの場合には、サンドドレン打設時の攪乱の影響を取り除いても生じることを、室内模型実験によって確かめた²⁾。今回はこの模型実験結果と、弾性および弾塑性有限要素法による解析結果を比較し、バーチカルドレンの圧密メカニズムについて考察した。

2. 有限要素法による解析

(1) 計算モデル

図-1に示した圧密実験装置での圧密過程を解析した。解析は軸対象条件で行い、粘土の構成則には線型弾性モデルと、修正カムクレイ理論にもとづく弾塑性モデルを用いた。解析では粘土要素のみを考え、その内周と外周の水平方向変位を固定し、鉛直等ひずみ条件とした。排水面は粘土内周面のみとした。粘土要素は一層で、半径方向を19要素に分割した。載荷は剛な載荷板を介して鉛直荷重のみが作用するように考慮し、載荷板と粘土要素の境界には、ジョイント要素を用いている。主な土質定数は次のとおりである。

弾性: $E=6.10\text{kgf/cm}^2$, $\nu=0.323$, $k=1.043 \times 10^{-5}\text{ cm/min}$ 弾塑性: $\lambda=0.358$, $\kappa=0.0358$, $M=1.5$ $\nu=0.323$, $k_0=1.8 \times 10^{-5}\text{ cm/min}$

透水係数は $c_v=0.092\text{ cm}^2/\text{min}$ となるように定めたもので、弾塑性解析の場合は圧密中も c_v 一定となるよう k を変化させている。尚、上記の土質定数は、一次元圧密の場合に弾性解析と弾塑性解析の時間沈下関係が一致するように定めている。弾塑性解析の初期鉛直応力と初期間隙比は実験条件に一致させている。

(2) 計算方法

作用させた荷重は 1.0kgf/cm^2 で、実験に合わせて瞬時載荷とした。圧密過程の計算における時間ステップは初期の $\Delta t=0.05$ 分、最終 $\Delta t=40.0$ 分で、圧密経過時間20,000分を合計690ステップで解析した。

3. 解析結果と考察

(1) 時間沈下関係

時間沈下関係の、実験値と有限要素法による解析結果を図-2に示す。弾性解析と弾塑性解析を比較すると、 c_v 一定条件の計算にもかかわらず、明らかに弾性解析の方が圧密の進行が早い。一次元圧密解析では両者は一致する結果を得ているので、この差異は放射流れの圧密と一次元流れの圧密メカニズムの違いに起因すると考えられる。この図によると、弾塑性解析の方が弾性解析よりも実験値と良好な一致を示す。弾塑性解析値を実験値と比較すると、全般的には両者はよく一致しているもの

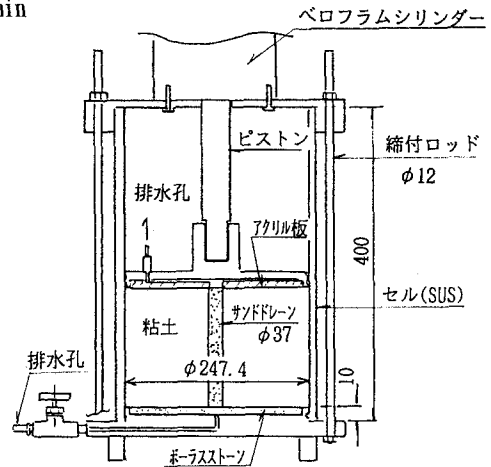


図-1 圧密実験装置

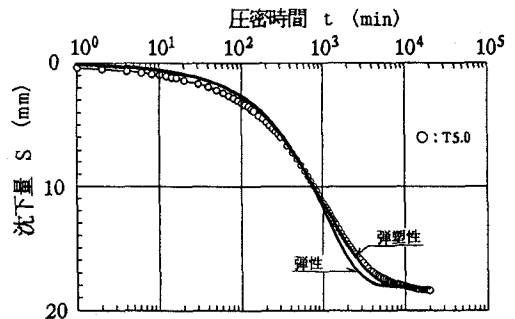


図-2 沈下曲線の実験値と解析値の比較

の、詳細にみると曲線形状の違いが見られる。すなわち、弾塑性解析値は圧密の前半で圧密の進行が遅く、圧密後半になると逆に早い。模型実験の粘土は圧密の進行にともなって c_v が減少する傾向が強い。これは放射流れの圧密メカニズム起因する可能性があると考えている。

(2) 間隙水圧分布

図-3は弾性解析と弾塑性解析の等圧密経過時間における過剰間隙水圧分布を示したものである。明らかに弾性解析の方が過剰間隙水圧の消散が早く、しかも分布形状に大きな違いが認められる。弾性解析では平均的な分布形状であるのに対して、弾塑性解析では、排水面付近で曲率が急変し、この付近での動水勾配が極端に大きい。この現象は、透水係数の分布に起因し、排水面の透水係数はその周辺に比べて極端に低下するためと考えられる。この分布性状は平均的圧密速度を低下させる作用をすると判断される。

(3) 間隙比の分布性状

実験値と弾塑性解析値の半径方向の間隙比の分布を、図-4に示す。実験値は、排水面付近ほど間隙比が小さく、この付近への応力集中が生じていることを示している。弾塑性解析結果は、定量性にはやや欠けるが、定性的には実験値をよく説明しており、排水面付近への応力集中現象は粘土の弾塑性挙動によるものと考えることが出来る。

(4) 鉛直全応力の経時変化

弾塑性解析結果の鉛直全応力 σ_z の経時変化を図-5に示す。図中の○印は模型実験から得られた値で、実験装置底部中心に設置した土圧計（直径65mm）で測定している。排水面側の要素2では、圧密初期に σ_z は一端低下するものの、それ以降は経時的に単調増加する。実験値は土圧計部分の面積での平均値であるので、要素の解析値とは性格を異にするが、定性的には一致する傾向にある。一方非排水面側の要素19では、これとは全く逆に σ_z は圧密初期に一端増加傾向のピークを迎えた後、単調減少する。つまり、粘土間では応力の再配分現象が経時的に進行し、排水面側への応力集中となる。

4. まとめ

- (1) 時間～沈下関係は、弾性モデルよりも弾塑性モデルの方が実験値に良く一致する。 c_v 、一定を満たす材料でも、平均的に K_0 で鉛直等ひずみの放射流れの圧密では、弾性よりも弾塑性の方が圧密が遅れる。
- (2) 粘土間では応力の再配分現象が経時的に進行し、排水面側への応力集中となる。
- (3) 応力やひずみの分布等多くの現象は、粘土の弾塑性挙動が支配的因子となっていると考えられる。

参考文献 1) 住岡他：サンドドレーン打設による攪乱が粘土の圧密特性に与える影響，土木学会第46回年次学術講演会，2) 住岡他：バーチカルドレーン改良地盤の圧密変形メカニズム，第27回土質工学研究発表会

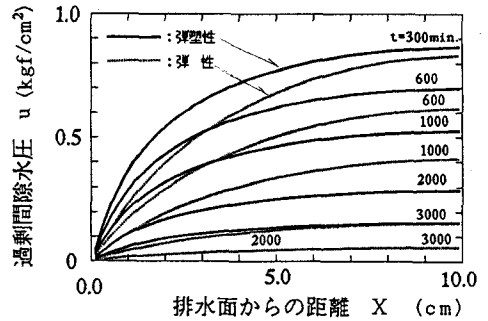


図-3 過剰間隙水圧の等時分布曲線

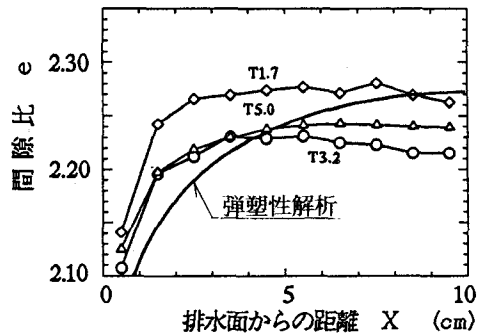


図-4 間隙比の半径方向分布

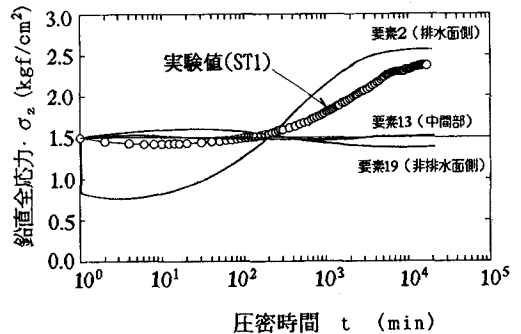


図-5 鉛直全応力の経時変化（弾塑性解析）