

(Ⅲ-3) サーチャージの二次圧密軽減効果

東海大学工学部土木工学科 正員 赤石 勝
 (株)建設企画コンサルタント 正員 ○ 白子 博明
 東海大学工学部土木工学科 学員 吉村 光正

1. まえがき

軟弱地盤上に盛土を施工した場合、施工後に盛土と構造物取付部に不等沈下を生じ繰り返し補修を要するという被害がしばしば発生する。これらの被害は、一次圧密終了後も継続して発生する二次圧密沈下に起因することが多いものと思われる。サーチャージ工法は、この二次圧密沈下のように長期間に渡って発生する沈下の軽減対策工法としてこれまで広く利用されてきた工法の一つである。

本報告では、このサーチャージ工法による二次圧密軽減効果について、二次圧密を含む一次圧密解析と、サーチャージの室内実験結果から検討を加えた。

2. サーチャージ除荷後の沈下予測法

一次元圧密における連続式と Darcy 則より、周知の式 (1) が得られる。

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{k}{\gamma \omega} * \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad - (1)$$

ひずみ ε を有効応力 σ' と時間 t の関数と仮定すると

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) t \frac{\partial \sigma'}{\partial t} + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) \sigma' \quad - (2)$$

となる。式 (2) に $\partial \sigma' / \partial t = \partial \sigma' / \partial t - \partial u / \partial t$ を代入すると式 (3) が得られる。

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = - \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) t \frac{\partial u}{\partial t} + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) \sigma' \frac{\partial \sigma'}{\partial t} + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) \sigma' \quad - (3)$$

式 (3) を式 (1) に代入すれば、一次元圧密方程式が得られる。

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) t \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right) = \frac{k}{\gamma \omega} * \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) \sigma' + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) \sigma' \frac{\partial \sigma'}{\partial t} \quad - (4)$$

式 (2) の仮定よりひずみ ε は弾性ひずみ ε^e 、塑性ひずみ ε^p 、粘塑性ひずみ ε^{vp} の和として式 (5) で表わされるものとする。

$$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^p + \varepsilon^{vp} = m_v \sigma' = \left[\frac{1}{\gamma^e} + \frac{1}{\gamma^p} + \frac{1}{\eta} \log(t/t_0) \right] \sigma' \quad - (5)$$

ここに、 m_v は体積圧縮係数、 γ^e と γ^p はそれぞれ弾性あるいは塑性変形係数、 η は粘性係数、 t_0 は粘塑性ひずみが発生し始める時間である。式 (5) を有効応力あるいは時間で偏微分すると次のようになる。

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \sigma'} \right) t = \frac{1}{\gamma^e} + \frac{1}{\gamma^p} + \frac{1}{\eta} \log(t/t_0) = m_{vt} \quad - (6)$$

$$\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} \right) \sigma' = \frac{0.434 \sigma'}{\eta t} \quad - (7)$$

式 (6)、(7) を式 (5) に代入し、式 (5) の偏微分を差分近似すると式 (8) が得られる。

$$u_{i,j,H} - u_{i,j} = \frac{\delta t k}{\delta z^2 \gamma \omega m_{vt}} (u_{i+1,j} - 2u_{i,j} + u_{i-1,j}) + \frac{0.434 \sigma'}{\eta t} * \frac{\delta t}{m_{vt}} + \sigma_{i,j,H} - \sigma_{i,j} \quad - (8)$$

ここに過剰間隙水圧 u の添字 i は位置、 j は時間を表す。

3. 土質定数の決定

繰り返した沖積粘性土を用いたサーチャージのモデル実験結果が図3.1である。サーチャージを除荷しない場合の体積ひずみ-時間関係から解析に用いる土質定数を求める。

式(5)と二次圧密係数 $C\alpha$ より

$$\eta = \frac{\partial \sigma'}{C\alpha} = \frac{1.25}{0.449 \times 10^{-2}} = 281 \text{ kgf/cm}^2$$

サーチャージ除荷後、圧密層内の過圧密部分の二次圧密係数 $C\alpha_u$ は

$$C\alpha_u = C\alpha (1.53 - 0.53 OCR)$$

より求め、 η も過圧密OCRによって変化させた。

二次圧密領域の任意時間 t_s ($= 1440$ 分とした)

の体積ひずみ $\delta \epsilon = 4.63$ (%) を式(5)に代入し

$$\frac{1}{r^0} + \frac{1}{r^p} = [\delta \epsilon - C\alpha \log(t_s/t_0)] / \delta \sigma' = (0.0463 - 0.00445 \log 1440) / 1.25 = 0.0258$$

また、除荷吸水膨張実験を実施していないので $r^p = 5r^0$ と仮定した。

$$\frac{1}{r^0} + \frac{1}{r^p} = \frac{1}{5r^0} + \frac{1}{r^0} = \left(\frac{6}{5}\right) \cdot \frac{1}{r^0}$$

$$r^0 = 6/5 \cdot 1/0.0258 = 46.5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$r^p = r^0 \cdot 5 = 233 \text{ kgf/cm}^2$$

である。

4. 計算結果と考察

図3.1に示した実験結果と同じ条件で計算した結果が図4.1である。計算結果は実験結果とかなりよく一致している。また、計算結果

でも実験結果と同様かなりの圧密度でサーチャージを除荷しても二次圧密的沈下が観測される。次に、サーチャージ除荷後の二次圧密係数 $C\alpha$ とサーチャージ除荷時間の関係を示したのが図4.2である。図より、 $C\alpha$ はサーチャージ除荷時間が大きくなるに従って徐々に減少する傾向にあり、除荷時間が5.8分の $C\alpha$ ($=0.345$ %) は、 $\delta \sigma' = 1.25 \text{ kgf/cm}^2$ で除荷なしの $C\alpha$ ($=0.449$ %) の67%程度まで減少している。

5. あとがき

単純な弾粘塑性モデルを用いて、サーチャージ工法による二次圧密軽減効果について検討した。このモデルは実用的観点から解析に用いる定数は全て標準圧密試験値を利用しているが、実験結果と計算結果はよく一致しており、モデルの実用性が確かめられた。

参考文献 赤石勝、他：サーチャージ除荷後の沈下予測、土木学会論文集 第315号、

1981年11月

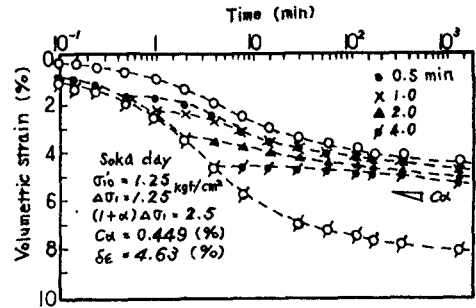


図3.1 サーチャージ除荷後の体積ひずみ-時間関係

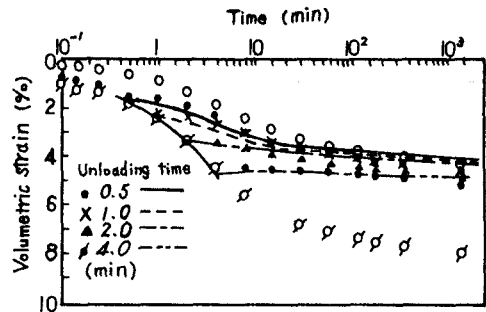


図4.1 体積ひずみ-時間関係の計算結果

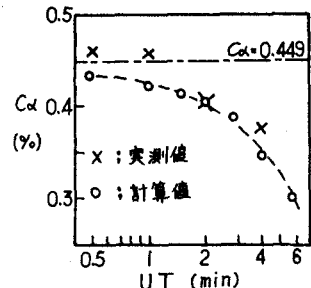


図4.2 $C\alpha \sim UT$ 関係