

# 実測値を利用した盛土による軟弱地盤の長期沈下予測法

東海大学大学院 学生会員 上杉 聡  
 (株)建設企画コンサルタント 正会員 白子 博明  
 東海大学土木工学科 正会員 杉山 太宏  
 東海大学土木工学科 正会員 赤石 勝

## 1. はじめに

盛土による軟弱地盤では、室内圧密試験で観察されるような時間の対数に比例する長期沈下が観測されることが多い。慣用的一次元圧密沈下解析では、工事終了後長期に渡って発生する二次圧密的沈下を予測するのは困難である。このため現場では、動態観測で測定された実測沈下量を利用して施工工程の修正や残留沈下量を推定するなど、沈下管理が実施されている。実測値を利用した盛土施工後の沈下予測法としては、双曲線法、星埜法、浅岡法などが提案され、数多くの現場で利用されている。白子らは、盛土完了後約一年前後の沈下実測値ならびに Mesri の含水比と二次圧密係数の関係とを利用して、その後の二次圧密を含む沈下量 - 時間関係の予測手法を提案した<sup>1)</sup>。この方法では、室内試験や宅造現場の沈下データに対して良好な予測結果を与えたが、道路盛土による長期沈下量(二次圧密係数)は実測値よりも小さな結果となった。

そこで本研究では、日本全国 118 カ所で計測された道路盛土と 7 カ所の宅地造成盛土による長期沈下観測データから、ひずみで定義した二次圧密係数を求め、平均含水比 $\bar{\omega}$ との関係を調べた。その結果、道路盛土で軟弱層厚が大きな粘土地盤では、二次圧密係数が Mesri の推定値<sup>2)</sup>の 2 倍以上となることが解った。この結果をもとに残留沈下計算を行い、予測手法の妥当性について検討した。

## 2. 二次圧密を含む沈下予測手法<sup>1)</sup>と計算例

白子らが提案した残留沈下予測法の概要は、次の通りである。

圧密による全体積ひずみ $\varepsilon_v$ は、図-1のように Terzaghi の圧密理論に従う体積ひずみ $\varepsilon_p$ と二次圧密による体積ひずみ $\varepsilon_s$ の和として式(1)で表わされる。

$$\varepsilon_v = \varepsilon_p + \varepsilon_s \quad (1)$$

圧密時間 $t_N$ までの実測沈下量から圧密係数とその後の $\varepsilon_p$ を予測するには Scott の方法<sup>3)</sup>を用いる。任意の圧密時間 $t_0$ と $t_N$ の圧密度と平均圧密度をそれぞれ $V_0$ 、 $V_N$ および $U(T_v)$ 、 $U(NT_v)$ とすれば、

$$\frac{V_0}{V_N} = \frac{V_{pf} \cdot U(T_v)}{V_{pf} \cdot U(NT_v)} = \frac{U(T_v)}{U(NT_v)} \quad (2)$$

ここに、 $T_v$ は時間係数、 $N(=t_N/t_0)$ は圧密時間 $t_N$ と $t_0$ の比、 $V_{pf}$ は圧密度 100%の $V_p$ 値である。時間係数 $T_v$ に対する平均圧密度の比 $U(T_v)/U(NT_v)$ を図-2のように計算し、 $U(T_v)/U(NT_v)$ と $N$ に対応する時間係数 $T_v$ を求めれば、圧密係数(=最大排水距離<sup>2</sup>・ $T_v/t_0$ )が計算される。時間 $t_N$ の圧密度 $U(NT_v)$ と $V_{pf}$ も求められるので、それ以降の $V_p$ の経時変化が計算可能となる。

$\varepsilon_s$ は時間 $t_N$ 以降に発生し、時間の対数に比例すると仮定して式(3)で表す。Mesri の自然含水比 $\omega_n$ と体積ひずみで定義された二次圧密係数 $\alpha_{vol}$ の関係( $\alpha_{vol} = 0.01 \cdot \omega_n^\beta$ ,  $\beta = 1$ )を用いて求める。

$$\varepsilon_s = \alpha_{vol} \cdot \log(t/t_N) \quad (3)$$

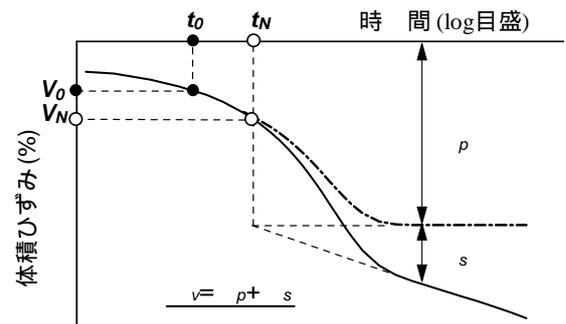


図 - 1 体積ひずみと時間の関係

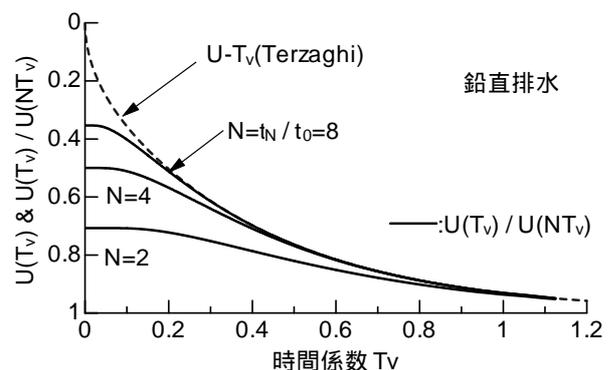


図-2 Scott の方法より求めた圧密度の比と時間係数

キーワード：長期沈下，二次圧密係数，現場データ，二次圧密係数

連絡先：〒259 - 1292 神奈川県平塚市北金目 1117 TEL 0463 - 58 - 1211

以上の手法を宅造と道路盛土の沈下測定データに適用した計算結果の一例が図-3と図-4である。盛土開始から1000日以降の実測値は、両者とも時間の対数に比例している。一点鎖線で示した予測結果は、 $t_N$  時間以降の沈下を概ねうまく計算しているが、道路盛土では実測値よりも小さい結果となり、図-4以外に行った計算でもこの傾向は同じであった。道路盛土による地盤の二次圧密係数は、せん断変形が加味されて Mesri の推定式よりも大きくなるものと考えられる<sup>4)</sup>。なお、両図中の破線は  $t_N$  までの実測値で予測した双曲線法の結果である。検討期間が短い場合実測値との差が大きい。

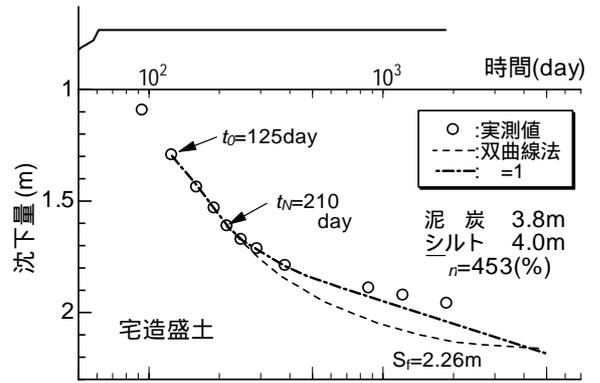


図-3 宅造盛土による実測値と計算結果の比較

### 3. 現場観測値による二次圧密係数と平均自然含水比の関係

日本道路公団試験所技術資料より全国118カ所で測定された道路盛土による地盤の二次圧密係数  $\alpha_v$  を求め、平均自然含水比  $\bar{\omega}$  との関係調べた結果が図-5である。二次圧密係数は沈下速度を全軟弱層厚で除し、平均自然含水比は土質調査結果から各層の平均値に層厚で重みを付けて計算した。かなりばらついた結果であるが、道路盛土では全体の75%にあたる90地点の二次圧密係数が実線で示した Mesri の推定値よりも大きい。そこで、地盤の平均含水比と軟弱層厚で分類したところ、図-5(a)、

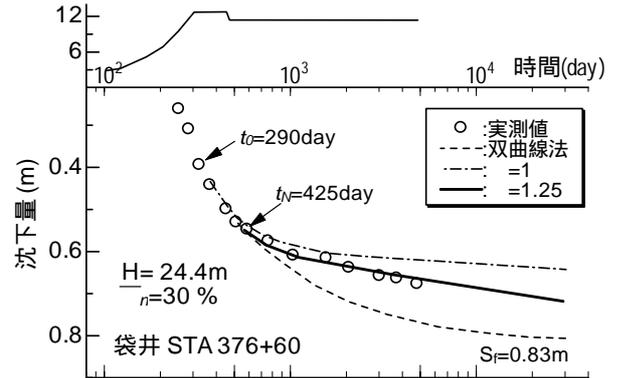
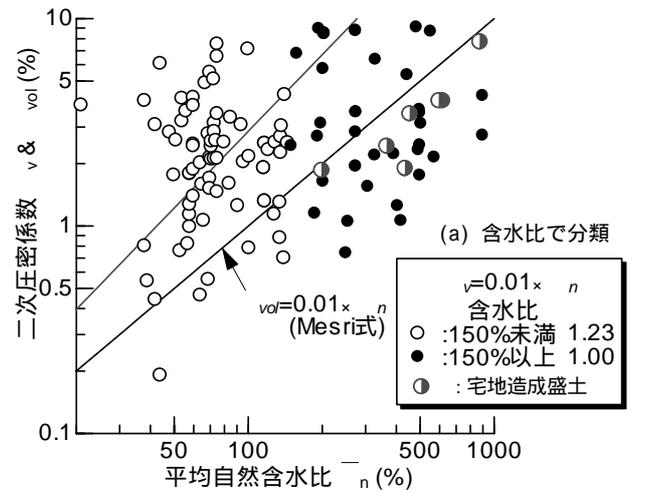


図-4 道路盛土による実測値と計算結果の比較

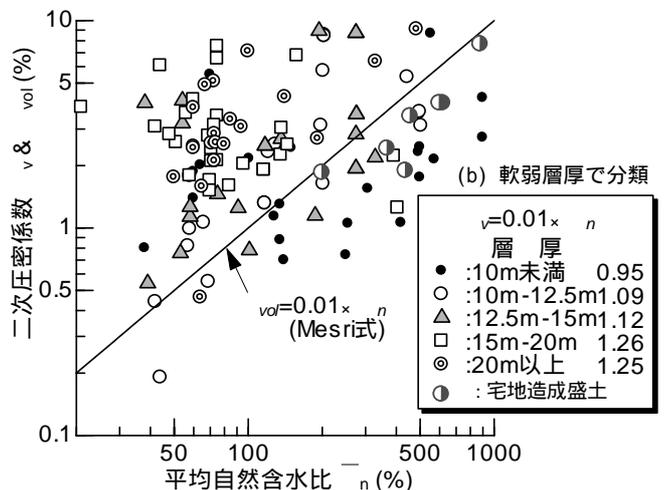
(b)のように興味深い結果が得られた。すなわち、道路盛土の二次圧密係数は、含水比が150%以下で層厚が厚いほど大きくなる傾向を示した。そこで  $\alpha_v = 0.01 \cdot \bar{\omega}^{-\beta}$  として最小二乗法により係数  $\beta$  を求めたところ、層厚が10mを越えるときは1以上になり、層厚15mを越えて含水比が低い場合には1.25、つまり Mesri 式による二次圧密係数の2倍以上となることが明らかとなった。この結果をもとに  $\beta = 1.25$  として再度図-4の計算を行って図-4中に実線で記入したが、予測精度は大きく向上している。一方、関東近県7カ所の宅造現場沈下データから求めた二次圧密係数  $\alpha_{vol}$  (図の半丸)によれば、宅造盛土では Mesri 式を適用できそうである。



(a) 含水比で分類

### 5. まとめ

白子らが提案した現場観測データによる二次圧密を含む残留沈下予測法について再検討した。道路盛土による長期沈下の予測精度を向上させるには、二次圧密係数の推定式を  $\alpha_v = 0.01 \cdot \bar{\omega}^{-\beta}$  で表し、 $\beta$  は軟弱層厚と平均自然含水比から決定できることを示した。



(b) 軟弱層厚で分類

### 参考文献

- 1) 土質工学会編：土質工学ハンドブック，pp.147-148，1965。
- 2) Mesri, G.: Coefficient of Secondary Compression, Proc. ASCE, SM1, pp.123-137, 1973
- 3) Scott, R.F.: New Method of Consolidation Coefficient Evaluation, Proc. ASCE, Vol.87, 1961.
- 4) 白子，外崎，杉山，赤石勝：道路盛土による軟弱地盤の長期沈下と二次圧密，土と基礎，Vol.50, No.11, pp.27-29, 2002。

図-5 平均含水比と二次圧密係数