

京都大学防災研究所 正員 柴田 徹

同 同 ○大嶺正紀

不 動 建 設 (株) 同 末松直幹

はじめに かなり広範囲にわたる一様な粘土地盤において、一次元的な載荷条件を満足する盛土試験が行われ、沈下観測データが得られた。本報告は、同じ現場から採取した粘土試料を用いた室内試験結果から、圧密圧力、圧力増分による地盤の圧縮性の変化などを考慮に入れて、現場の沈下観測データを解析しようとするものである。

粘土地盤の沈下観測結果 地盤の概況は、表面に約1mの砂層、深さ約15mまで沖積粘土層、それ以下に洪積粘土層が堆積している。沖積粘土層は、地表面近くを除けば正規圧密状態にある。この地盤上に一次元変形条件を満たすような広い範囲にわたって3.5m厚(No.1地点)と2.5m厚(No.2地点)の盛土を行ない、盛土後の地盤表面の沈下量、地盤内の間けき水压の変化、層別の圧縮状況などを測定している。図-1に地盤表面の沈下量の経時変化を示す。図中の鎖線は、沖積層を5層に分け各層での圧密諸係数の変化を考慮に入れて、

Terzaghi の一次元圧密理論より求めた沈下曲線である。この図より、沈下の計算値は実測値よりもかなり遅れていることがわかる。このような違いを検討し、新しい手掛りを見出すため、同じ現場から採取した乱さな試料による室内試験を行った。

室内試験結果 試料は約10mの深さから採取したシルト質粘土で、 $LL = 85.5\%$ 、 $PL = 38.0\%$ である。試験は24時間載荷の標準圧密試験と長期間(25〜45日)の側方拘束圧密試験(供試体はいずれも高さ2cm、断面積10cm²)を行なった。図-2は長期試験の試験法を模式的に表わしたものであり、 Δp を載荷する直前の点

(A)と Δp を載荷した後時間 t における点(B)を結ぶ直線の勾配を $C_c(t)$ とすれば、 $C_c(t)$ は式(1)で表わされる。試験はいずれも圧密圧力 0.05 kg/cm^2

から荷重増分 Δp を加えて、24時間載荷により圧力 P まで圧密し、その後荷重増分 Δp を加えて、長期間載荷する。各試験の $\epsilon \sim \log t$ プロットを図-3に破線で示す。図-4は、各長期試験における100%圧密時

3×10^{-4} 分における $(1+e) \epsilon \sim \log(p+\Delta p)/p$ の関係を示したものである。この図より、 Δp に関する原点を通る直線上にあるとみなせる。図-5に

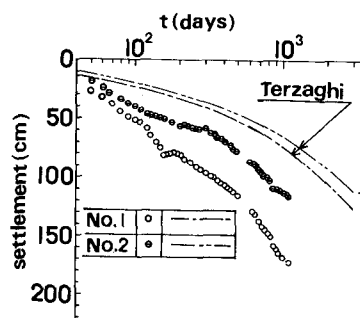
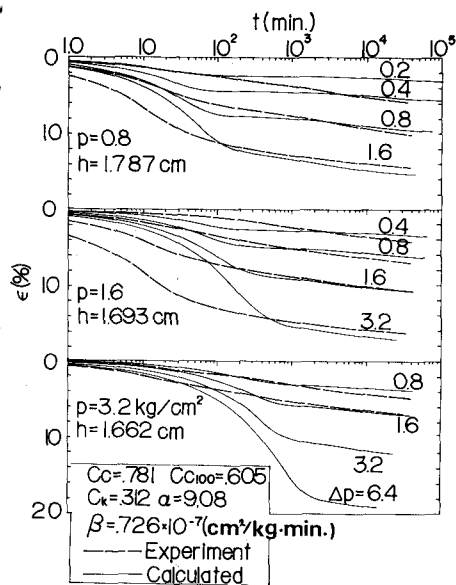
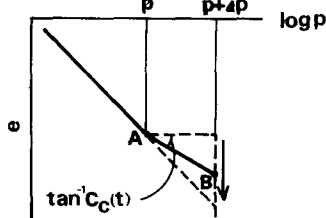


図-1 地盤の沈下観測結果

図-3 $\epsilon \sim \log t$ プロット図-2. $\epsilon \sim \log p$ 関係模式図

$C_c(t) \sim \log t$ プロットを示す。この試料では直線になっている。

試験結果の解析 いま 100% 圧密時、 $t \rightarrow \infty$ 時のひずみを ϵ_{100} , ϵ_{∞} ,

このときの $C_c(t)$ の値をそれぞれ C_{c100}

, C_c とすると式 (2), (3) を得る。

また、最終二次圧密度 ϵ_s は式 (4) と

なる。このような土の構造骨格のレオ

ロジー挙動を説明するために、図-6

に示すレオロジーモデル(ゲッシュボ

$$t = \frac{1}{\beta(p + \Delta p)} \int_0^{\epsilon_s} \frac{d\epsilon_s}{\sinh \left[\alpha \left\{ 1 - \frac{p}{p + \Delta p} \exp \left(\frac{2.30(1+e)}{C_c - C_{c100}} \epsilon_s \right) \right\} \right]} \quad (5)$$

ットは村山、柴田モデル²⁾を

$$\epsilon = \epsilon_{100} + \epsilon_s \quad (6)$$

を用いると、応力

ひずみ-時間関係は、式 (2), (5), (6) で計算される。こ

に、 α , β はゲッシュボットの粘性を示す係数である。つ

ぎに、土が水で飽和されている場合、一次元圧密に関する

連続と、力のつり合いは式 (7), (8) で表わされる。²⁾ こ

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \frac{1}{\alpha_0} \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial u_e}{\partial z} \right) = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} (p + \Delta p + u_e) = (1-n) \gamma_w (G_s - 1) \quad (8)$$

, u_e : 過剰間隙水圧, $p, \Delta p$: 載荷前の有効応力および有効応力の増分, n : 間隙

率, k : 透水係数, $\alpha_0 = (2-n) \gamma_w$, ただし、式 (7) において $\frac{\partial}{\partial z} \cdot \hat{u}_e = 0$ (u_e :

鉛直変位) としている。 $\Delta p = u_e = 0$ (平衡時) においても式 (8) が成立するとすると

(9) 式が成立する (Δp_0 : 地盤表面の盛土圧)。したが、

$$\Delta p = \Delta p_0 - u_e \quad (9)$$

で、式 (7), (9) に土の有効応力ひずみ-時間関係(式(4)

, (5), (6)より計算)を入れて解くことにより、飽和粘土地盤の一次元沈下解析を行

なうことができる。図-3の実線は、式(10)の関係

(ただし、 $C_c = 1.33$, $k_e = 2 \times 10^{-6}$ cm/min.,

$$e = e_e + C_k \log_{10} \frac{k}{k_e} \quad (10)$$

$C_k = 0.312$) を用いて、各試験と同じ境界条件のもとに差分法を用いて解いた結果である。この図より、二次

圧縮領域においては実験と計算結果はよく合っているが、一次圧密部分においては、 $\Delta p/p$ が小さいところでは

計算値が早くなっているが、 $\Delta p/p$ が大きくなると遅れる傾向がある。これは式(10)を用いた透水係数に問題が

あること、 $\Delta p/p$ が小さいところでは、100%ひずみは式(2)の値よりも小さくなっていることなどによると考

えられる。現場の粘土地盤に対して同様な解析を行なっており、結果については当日発表する。

まとめ 長期間の沈下観測データが得られている粘土地盤より採取した乱さない試料を用いて、 $p, \Delta p$ を

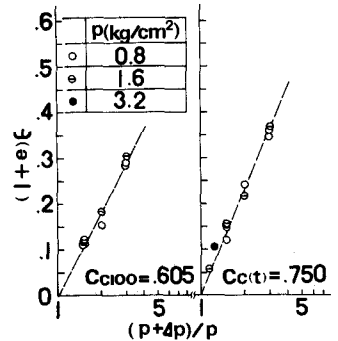
かえた長期の側方拘束圧密試験を行ない、 $\epsilon_{100}, \epsilon_{\infty}$ と $(p + \Delta p)/p$ の関係を得た。この関係を用いたレオロ

ジーモデルを設定して、土の応力ひずみ-時間関係を得た。さらに、この関係を用いて一次圧密、二次圧縮を

考慮に入れた一次元変形解析を行ない、室内試験結果と比較した。現場への適用については検討中である。

引用文献: 1). 村山, 柴田; 土木学会論文報告集 No. 40号, 昭31, pp1~31

2). 大須; 土質工学会論文報告集 No. 12巻, 1972, pp19~34



(a) 100% Consol. (b) 3×10^4 Min.

図-4. $(1+e) \sim \log (p + \Delta p) / p$

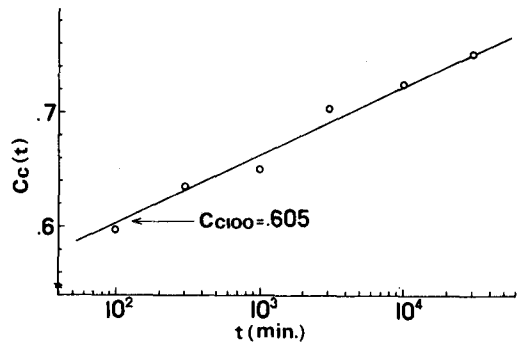


図-5 $C_c(t) \sim \log t$ プロット

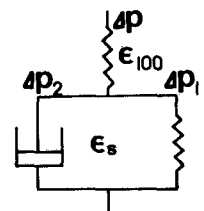


図-6 レオロジーモデル