

名古屋大学 正会員 川村 国夫
 〇 名古屋大学 学生会員 秋田 衛

1. はじめに 掘削にともなうヒービング破壊については、Terzaghi & Peck や Tschebotarioff らが、種々の設計法を提唱しているが、統一的な設計法はない。また現場で、ヒービングの兆候が見られた時でも、それを破壊予知に生かす試みは数少ない。筆者らは“掘削過程に動態観測を実施し、ヒービング破壊を予知する方法”の研究を進めているが、本報文では根切り面の盤膨れ挙動について検討を加える。ここで「根切り面の盤膨れは、a) 土被り圧の除去による瞬時的な弾性膨張 h_e , b) 時間的な吸水膨張 h_s , c) 周辺地盤からの回り込みによる膨張 h_h の和として表わされる。そして h_h の発生は、ヒービング破壊の兆候と考えられることができるため、 h_e , h_s の和をヒービング破壊に対する許容値とする」と仮定した。

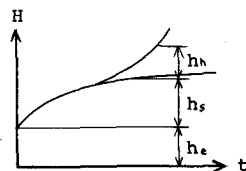


Fig. 1 膨張量の種類

2. 圧密膨張試験 土の膨張挙動を調べるために、圧密後の除荷試験を行った。試験に用いた試料は、田口市港から採取した乱さない沖積粘土で、 $\gamma_t = 1.55 \text{ g/cm}^3$, $w = 74\%$, $S_r = 99.5\%$, $C_u = 0.24 \text{ kg/cm}^2$ であった。試験はまず一般の圧密試験と同様に供試体をセットし、6個の供試体各々に、0.4, 0.8, ..., 12.8 kg/cm^2 の荷重 (P) を載荷した。24時間圧密後、これらの荷重を全て除荷 ($\Delta P = P$) し時間的な膨張量を測定した。測定結果は次のように整理した。① 除荷前の非排水強度 C_u を、過去に多く測定された $C_u/\Delta P$ 値を参考して、 $C_u = C_u + 0.3P \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ と指定した。② 安定係数に準ずるものとして、 $N_b = \Delta P/C_u$ を求めた。③ 各時間の膨張量を、24時間圧密後の供試体高さに対するヒズミ ϵ (%) で表わした。④ 除荷後 t_n のヒズミ速度を $(\epsilon_n - \epsilon_{n-1}) / (t_n - t_{n-1})$ で求め $\dot{\epsilon}$ (%) / 分 とした。

3. 弾性膨張, 吸水膨張 試験結果を Fig. 2~4 に示した。Fig. 2 から、 t が小さく、 $(P - C_u) \geq 0.2 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で $(\Delta P - C_u)$ と ϵ の間に、 a, b を定数として近似的に次の関係式が得られた。

$$\ln \epsilon = a + b \cdot \ln (\Delta P - C_u) \quad (1)$$

弾性膨張は時間的なものと仮定したから、 t が小さいときの a, b を用いて

$$\epsilon = e^a \times (\Delta P - C_u)^b \quad (2)$$

であたえられこの ϵ を、弾性ヒズミ ϵ_e と定義する。

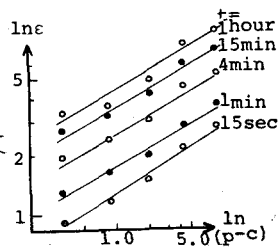
Fig. 3 から、 $t \geq 4$ 分の範囲で、 t と $\dot{\epsilon}$ の間に次の関係式が得られた。

$$\ln \dot{\epsilon} = \ln \dot{\epsilon}(t_1, N_b) - m \cdot \ln (t/t_1) \quad (3)$$

ここで、 t_1 : 基準時の時間 (例えば4分) $\dot{\epsilon}(t_1, N_b)$: $t = t_1$, 安定係数 N_b における $\dot{\epsilon}$ の値 m : $\ln t$ と $\ln \dot{\epsilon}$ の傾きを表す係数 である。

Fig. (5) には $t_1 = 4$ 分における、 N_b と $\dot{\epsilon}(t_1, N_b)$, m の関係を示した。

また Fig. 4 から、 N_b と $\dot{\epsilon}$ の間に次の関係式が得られた。

Fig. 2 (P-C)と ϵ の関係

$$\ln \dot{\epsilon} = \ln \dot{\epsilon}(t, N_b) + \alpha \cdot N_b \quad (4)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}(t, N_b)$: $N_b = 0$ としたときの時間 t に
おける $\dot{\epsilon}$ の値 α : N_b と $\ln \dot{\epsilon}$ の傾き である。

Fig. 6 に は、 t と $\dot{\epsilon}(t, N_b)$ 、 α の関係を示した。

次に $t = t_1$ 、 $N_b = 0 = N_{b0}$ に おける $\dot{\epsilon}$ と $\dot{\epsilon}(t, N_b)$
と おくと、式(3)、式(4) は次式のように結合される。

$$\ln \dot{\epsilon} = \ln \dot{\epsilon}(t_1, N_{b0}) + \alpha \cdot N_b - m \cdot \ln(t/t_1) \quad (5)$$

又は $\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}(t_1, N_{b0}) \times e^{\alpha N_b} \times (t/t_1)^{-m}$

$$= A \cdot e^{\alpha N_b} \cdot (t/t_1)^{-m} \quad (5')$$

ここで、 $A = \dot{\epsilon}(t_1, N_{b0})$ である。 α 、 m が時間 t の関数で
なく、 $m \neq 1$ なら、式(5') を時間 t で積分して

$$\epsilon = \epsilon_0 + A \cdot e^{\alpha N_b} \times \frac{1}{m-1} t_1^{1-m} \times t^{1-m} \quad (6)$$

式(6) で与えられる ϵ を吸水ヒズミ ϵ_s と定義する。

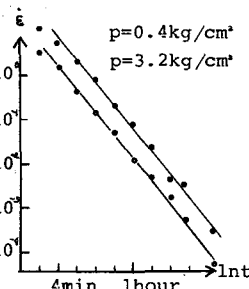


Fig. 3 t と $\dot{\epsilon}$ の関係

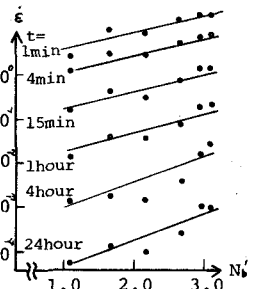


Fig. 4 N_b と $\dot{\epsilon}$ の関係

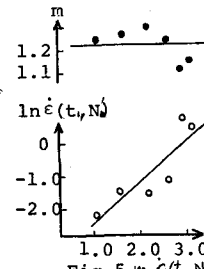


Fig. 5 $m, \epsilon(t, N_b)$ の値

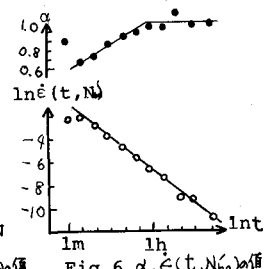


Fig. 6 $\alpha, \dot{\epsilon}(t, N_{b0})$ の値

4. 現場データとの比較 膨張量は、本報文ではヒズミで表わしたが、実測デ
ータは膨張変位量で表わされている。一般に、掘削による応力開放による、変
形特性に影響を与える範囲は、過圧密比 (O.C.R.) が 2 より大きい範囲といわれ
る。またストレスパスや間ギャキ水圧係数から検討すれば、膨張挙動が顕著に現れ
るのは、O.C.R. ≥ 4 の範囲と考えてよいであろう。そこで筆者らは、Fig. 7 に
示した様に、“O.C.R. = 2 における膨張ヒズミ $\epsilon = 0$ とし、除荷量の影響は深さ方
向に直線的に減少する”と仮定し、O.C.R. ≥ 4 の範囲で膨張量を議論することにした。さて現場デ
ータを解釈してみると Fig. 8 のように (A) 間断的に掘削する。

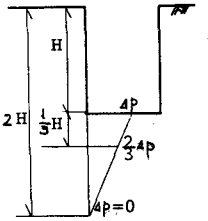


Fig. 7 除荷量の影響

(B) 段階的に掘削する。各々の工法による膨張特性を考えると
(A) では弾性変形 h_e が発生する。(B) では、②まで掘削すると A
点は、①②の掘削のため A' 点まで上昇する。②~③の掘削で
これらの弾性膨張は取り除かれ、②~③間の土被り圧の除去
に対応する弾性膨張 h_e' が発生する。すなわち (A) の h_e に比

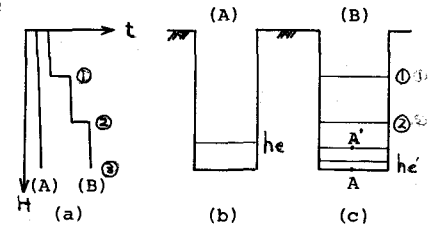


Fig. 8 間断的掘削と段階的掘削

べれば、その絶対量は非常に小さい。実際の掘削では②~③のように離散的でなく、しかも弾性膨張は
瞬間的に発生することから、一般には h_e はほとんど出現しない、として現場データを解釈できるであ
ろう。したがって現場データとの比較には、吸水膨張データを議論していけばよいであろう。

Fig. 9 は、現場データと、理論値との比較である。(a)千葉の
データは回り込みによる膨張が発生していないものであり、
一方 (b) オスロのデータは、回り込み量が顕著な例である。
なお理論値は本試験から得られた $m=1.22$ 、 $\alpha=1.0$ を使用し、
 h_p の測定は、掘削の 4 時間後に開始したものであ

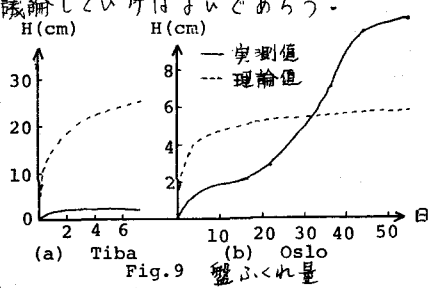


Fig. 9 盤ぶくれ量

これらの比較検討より、理論値はほぼ正当であると思われる。