



泥炭の予圧密効果 ～調査屋 50 年のあが足掻き(2)～

佐田 頼光

1. はじめに

今更、「泥炭の予圧密効果」などと、言を新ためる必要などないように思えるのだが、土質試験協同組合の山内主任技師を煩らわせた圧密試験データを弄っている中で看過できない重要な現象に気がつき、今回当誌の紙上を拝借することにした。

予圧密(preconsolidation)の施工理由は、将来発生するであろう沈下を予めサーチャージ(Surcharge)によって促進せしめ、除荷(removed)以後の沈下が許容値に収まることを期待してのことである。予圧密の有効性については、現地での検証によって疑義を解消させることができるのだが、検証例はあまり多くはない¹⁾。例えば、Muskeg Engineering Handbook の第 6 章 Road and Construction の(4) preconsolidation には図 1 の原理図²⁾が提示されている。図示の目論見どおりに推移するのかどうか。当小論による考察の所以である。

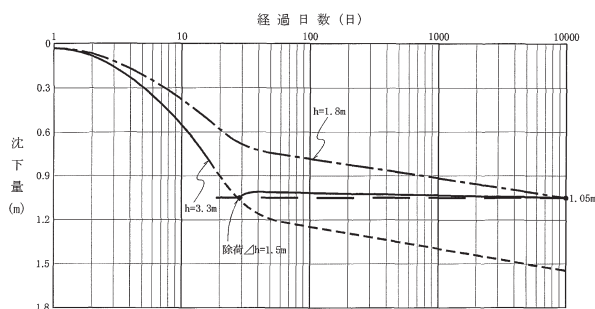


図1 予圧密工法の原理図

h=3.3 mの盛土の沈下が0.84 mに達した後、1.5 mのサーチャージ盛土を除去すれば1.8 mの盛土の25年経過後の沈下が稼げるとする例示

2. 圧密試験データに認められる沈下特性

Surcharge 除荷前後の沈下の推移を見るための圧密試験データを図 2 に示した。同図は、50%除荷($p_1 = 0.8 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow p_2 = 0.4 \text{ kg/cm}^2$)に限定し、 p_1 の載荷時間(t_1)を 10 min、60 min 及び 600 min の 3 ケースについて沈下の推移を自動圧密試験機で観測したものである。図示の沈下には以下のような特性が認められる。

- ① $t_1 = 10$ 、60 及び 600 min 各ケースに共通している現象であるが、除荷に伴うリバウンドが生じる。その量は直前の沈下量の 3～5% で極めて少ない。これは、泥炭の沈下量の殆んどが塑性的沈下であることを示しているものと考えられる。
- ② リバウンド後ある時間に至って再沈下に移行する。即ち、図 1 に示すような長時間に亘って静止状態を保持する訳でなく、沈下にダレが生じるようである。
- ③ ダレが生じて再沈下に移行する時間($t_2 = t_1 + \Delta t$)は、除荷率($n = p_2 / p_1$)一定の場合、 t_1 に関係するようである。(むすび参照)。また、再沈下の傾き($m_t = Ct / \Delta p \cdot h$)は、 t_1 に逆比例する。

以上の沈下特性は、泥炭の沈下について Terzaghi 理論の concept すなわち、Spring と dashpot の並設について検討を要することを示唆するものである。同様の結果は図 3・図 4 においても認められる。

また、渡辺氏が幸田泥炭について圧密除荷膨張理論として検討されている³⁾。

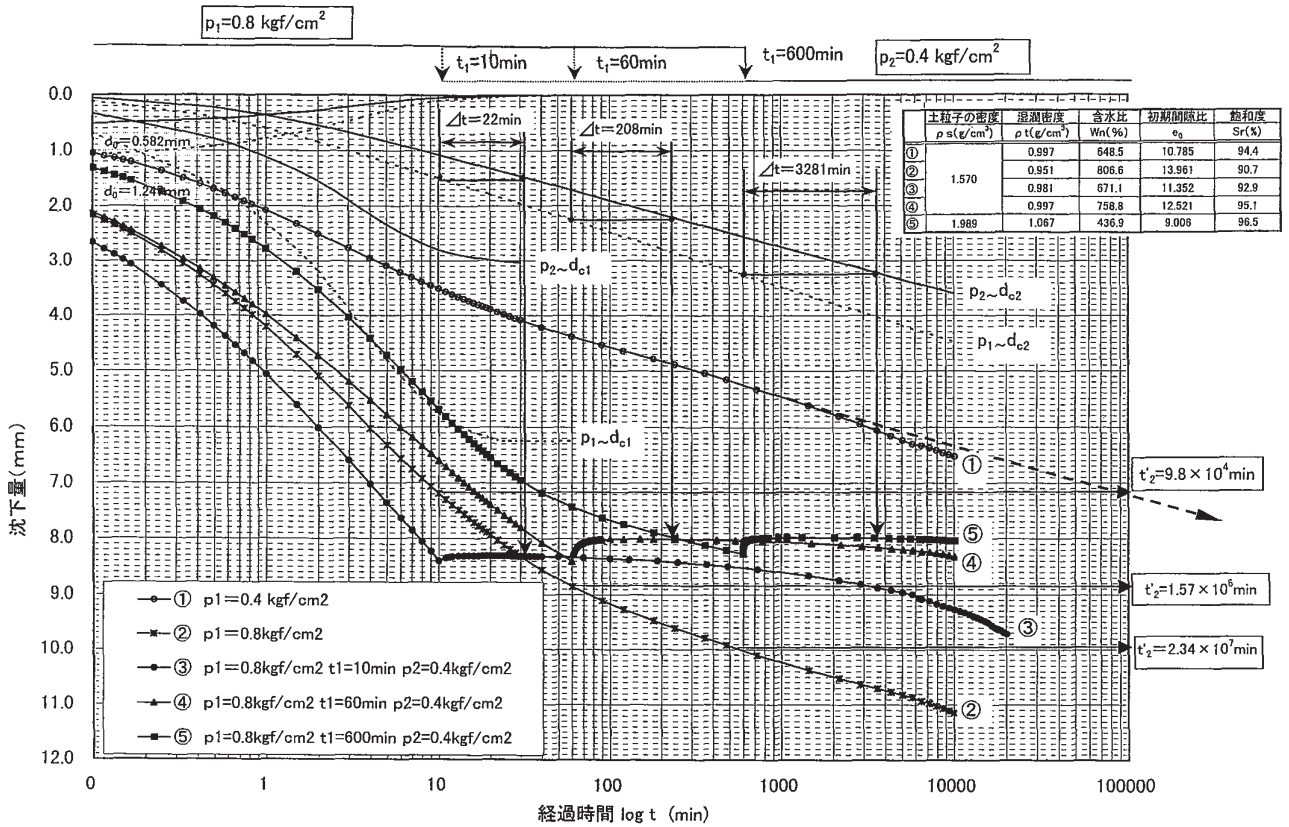


図2 圧密試験による載荷～除荷試験データの例

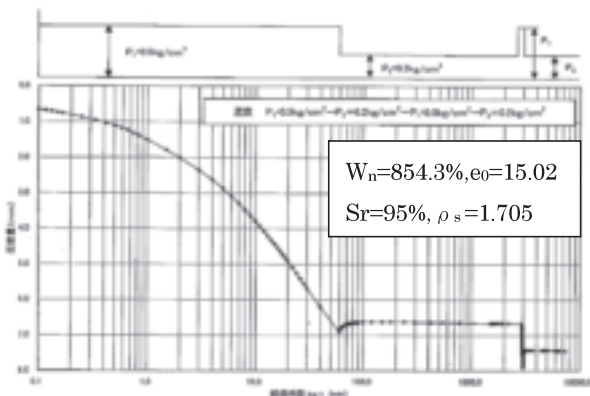


図3 予圧密試験データ

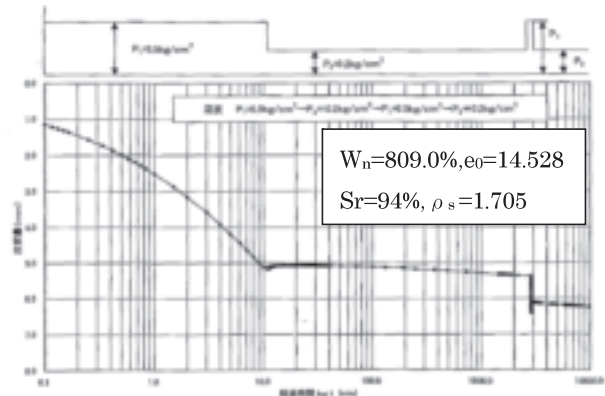


図4 予圧密試験データ

3. 弾・塑性を表す Rheology Model

筆者は、当誌 118 号の小論で Kelvin Model のバネの存在に疑問を提示した⁴⁾。泥炭に対する予圧密工法を想定した試験データの推移を見る限り、泥炭の圧縮沈下は殆んどが塑性的沈下であり、弾性応答(Elastic response)が極めて小さいことが認められるのである。

このような特性に適合するであろう Model として図5を提示したい。これによれば、バネとスラ

イダーのヒズミ速度は、結局のところ dashpot の流動性(Tergaghi の圧密理論)に支配される。弾性ヒズミ(ε_e)と塑性・粘塑性ヒズミ(ε_p + ε_{vp})の比は、実験結果によれば前述のように平均的に 0.041 程度となる。すなわち 90%以上は塑性的ヒズミであり、反発する弾性的性質は極めて小さいと見るべきである。

したがって、泥炭の予圧密効果を判断する場合には、これらの点を十分考慮すべきである。

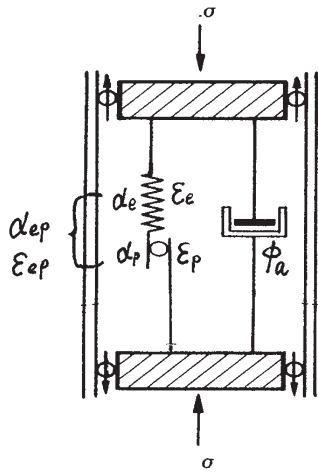


図5 泥炭の弾・塑性沈下(ϵ_{ep})を想定したModel

いま、弾・塑性ヒズミ(ϵ_{ep})の応力(σ)に対する関係は、実験的観点に立脚した(1)式の提案⁵⁾がある。

$$\frac{d\epsilon_{ep}}{d\sigma} = \alpha_e + \frac{\sigma}{\sigma_u - \sigma} \cdot \alpha_p \quad (1)$$

ここに σ_u ：塑性材料の限界荷重度を示す。

ϵ_{ep} は(1)式を積分して、(2)式を得る。

$$\epsilon_{ep} = \alpha_e \cdot \sigma + \alpha_p \left\{ (\sigma_u - \sigma) - \sigma_u \text{Log}(\sigma_u - \sigma) \right\} + C_1 \quad (2)$$

(2)式を応用するに当って問題は σ_u の特定である。泥炭の σ_u をいかに実験から特定すればよいのか疑問は深まる。これについては今後実験を行って検討する必要がある。くり返すが、弾・塑性ヒズミ($\epsilon_{ep} = \epsilon_e + \epsilon_p$)の時間推移は、dashpotの流動性

$$\left(\frac{\partial \epsilon_{ep}}{\partial t} \right) \phi_a \text{に支配される。}$$

4. むすびに代えて

これまでの検討においては、泥炭の予圧密効果に対して否定的な見解が支配的となった。

これらの結果が、読者諸兄に予圧密工法の採用に当って否定的見地を与えるとすれば、それは筆者の責である。

現実には、道路築造あるいは団地造成工事等において当工法は採用されており失敗例は報告されていない。その理由は詳らかではないが、新しい視点での検討を要するであろう。

図6⁶⁾は、圧密試験結果から得られたデータで間隙率($n = e_n / (1 + e_0)$)と二次圧密に対する圧縮係数($m_t = C_t / \Delta p \cdot h$)の関係を示したものである。同図によれば、 m_t は n の減少と過圧密比(O.C.R.)によって(3)式で示されるように変化する。

$$m_t = 0.25 \left(\frac{e_n}{1 + e_0} \right)^2 (O.C.R.)^{-1} \quad (3)$$

実際の工事においては、载荷によって地盤の圧縮を促進し、 n を低減させ m_t を減少させれば塑性的沈下の遺憾を問わず、予圧密効果を認めることになるのであろう。

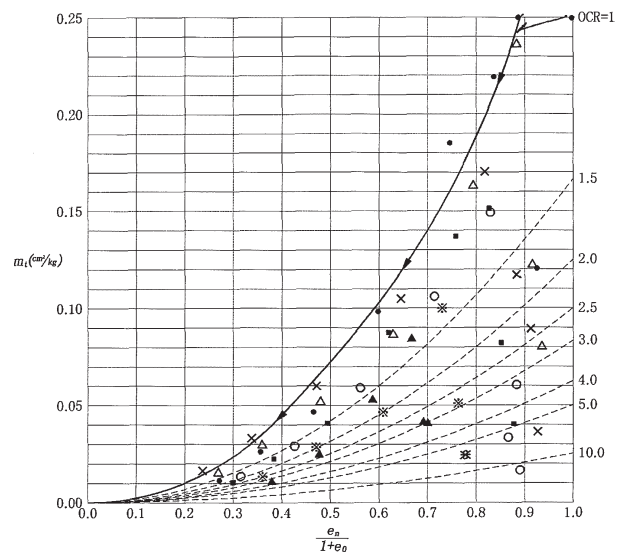


図6 $m_t \sim e_n / (1 + e_0)$ の関係⁶⁾

しばしば、地盤改良工法によって地盤改良が計られる時、泥炭の弾性的性質を付加する観点からの検討も従来の検討に合せて行われるべきであると考えられる。なお、以下に除荷後の再沈下が始まる時間 (t_2) に関する算定式を提示しておく⁶⁾。

$$t_2 = \frac{\beta \cdot H^2}{4.62 C_v} (10^{A/nc} - 1) \quad (4)$$

$$\text{ここに、} \beta = m_t/m_{ep}, A = \log \left(1 + \frac{4.62}{\beta} \cdot \frac{C_v}{H^2} \cdot t_1 \right)$$

$nc = C_{t2}/C_{t1}$ 、 H ：排水距離、 C_v ：圧密係数、

$$C_{t2} = m_{t2} \cdot p_2 \cdot h$$

$$C_{t1} = m_{t1} \cdot p_1 \cdot h$$

末筆になってしまったが、当誌 119 号「読者の声」欄では K.T. 及び寒研 Y.K. 両技術士から筆者の小論に対する温かい励しを戴いた。

一老技術士の遅々たる拙い研究を勇気づけるものとしてこれに勝るものはない。今後、薄皮を剥ぐように一つひとつ問題の解決に努力していく覚悟である。

参考資料

- 1) 深沢ほか：プレロード撤去後の長期沈下挙動の現場実測例(土と基礎 39-8 (403) P17～22)
- 2) Muskeg Engineering Handbook (N.R.C. P116～172)
- 3) 渡辺 進：盛土による泥炭地盤の変状に関する研究(鉄道技術研究所 No.1044 (施設編第 466 号) P45～50)
- 4) 佐田頼光：泥炭土の圧縮についての Rheology 的考察～調査屋 50 年の足掻き～ (コンサルタント北海道 118 号 P42～48)
- 5) Leonardo Zeevaert: Foundation Engineering, (Second Edition) (VAN NOSTRAND REINHOLD P32～41)
- 6) 佐田、山内：沈下性状のコンセプトと適応性(第 18 回 土質試験協同組合技術懇談会資料)

佐田 頼光 (さだ よりみつ)

技術士(建設部門)

拓北地下開発株式会社

