

III-480

プレロードによる改良地盤の長期沈下傾向

鹿島技術研究所 正会員 北本 幸義
鈴木 聰

1. はじめに

宅地や工業団地の造成工事における軟弱地盤改良工法の一つとして、プレローディング工法が広く用いられている。当初は、工期短縮のために比較的大きなプレロードを短期間作用させるという方法で改良がなされてきたが、プレロードを低圧密度で撤去すると、過剰間隙水圧が残留することになりこの消散に伴って沈下の発生が余儀なくされることから、最近では、少なくとも90%程度の圧密度を確保してから除荷しなければならないと認識されている。しかし、このように造成を行ったとしても、実際には供用開始後長期にわたって地盤沈下が生じ、地中埋設管や上部構造物に損傷をきたす場合がある。

そのため、長期沈下を考慮したプレローディング工法の設計・施工法の確立が望まれているが、今回、遅延圧密の概念を適用し、プレロード撤去後の長期沈下は正規圧密粘土の二次圧密においてある経過時間以降に生ずる沈下特性と同等であるという考えに基づく考察を行ったので、その概要について報告する。

2. プレロード撤去後の長期沈下の評価方法

正規圧密粘土に対する二次圧密挙動については、圧密時間をパラメータとする互いに平行な圧縮曲線群によって説明されている。このような二次圧密による擬似過圧密化が除荷に伴う過圧密化とまったく同一のものであるとはいえないが、過圧密領域の粘性挙動を正規圧密粘土における二次圧密の延長線上で考えてみる。

今、図-1に示すように、初期状態がA点である地盤にプレロードを作用させ一次圧密が終了する時間 t_p 経過後（B点）に除荷を行うと、膨潤が生じてC点にいたりその後再沈下が始まる。このとき、C点での沈下速度は、B点から除荷を行わずに時間 t_q が経過してB'点にいたった場合の二次圧密速度に等しいと考える。すなわち、除荷に伴って受けた再沈下の遅延効果を正規圧密状態での二次圧密における時間経過と等価に評価するものである。

したがって、図-2中のUL線で示すようにプレロードを撤去してから再沈下によって時間 t 経過後までに生ずる間隙比の減少量 Δe は、除荷されない場合（L線）において t_q 以降の $(t - t_r)$ 時間内に生ずる減少分として

$$\Delta e = C\alpha \log \frac{t_q + (t - t_r)}{t_q} \quad \dots\dots(1)$$

で表わすことができる。ここに、 $C\alpha$ ：正規圧密粘土の二次圧密係数、 t_r ：再沈下が始まる時間である。なお、D点から二次圧密によってC点にいたった場合には、再圧縮指数が膨潤指数に等しいと仮定すれば幾何学的な関係より $t_q = t_p \left(\frac{p_p}{p_f} \right)^{(C_c - C_s)/C\alpha}$ が得られる。(1)式から、再沈下量は t の増加にしたがって大きくなることがわかるが、除荷後の再沈下における二次圧密係数的な指標 $C\alpha'$ ($= d\Delta e / d\log t$) を求めると(2)式のように与えられ、時間経過とともに正規圧密状態の $C\alpha$ に近づくことになる。

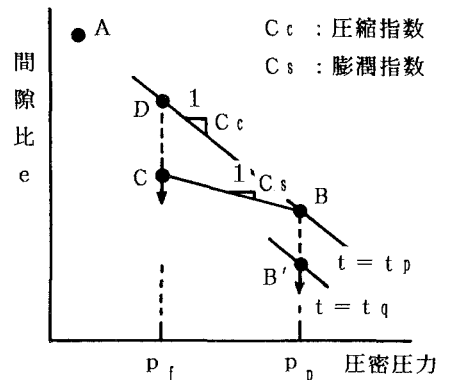


図-1 $e \sim \log p$ 関係

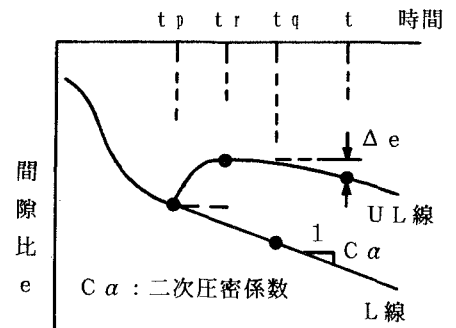


図-2 $e \sim \log t$ 関係

$$C \alpha' = C \alpha \frac{t}{t + t_q - t_r} \quad \dots\dots\dots(2)$$

表-1 試料の物性

比 重	G _s	2.604
液性限界 w _L (%)		127.5
塑性限界 w _P (%)		51.6
圧縮指数	C _c	0.70
膨潤指数	C _s	0.14
二次圧密係数 C _α		0.008

3. 試験結果との比較

供試体として用いた試料は乱したシルト質粘土であり、物性を表-1に示す。試験では、荷重増加率1の24時間載荷によって1.6kgf/cm²まで圧密した供試体(直径6cm, 高さ2cm)に、 $p_p = 3.2 \text{ kgf/cm}^2$ となるような荷重を一時圧密終了に必要な120分(= t_p)だけ作用させた後除荷を行った。

除荷後の荷重 p_f は2.8, 2.4, 2.0, 1.6kgf/cm²の4とおりとしたが、除荷後に着目した間隙比の変化を図-3に示す。 p_f の小さいものほど膨潤量および最大膨潤量に達する時間は大きくなる。その後、過去の報告例¹⁾にもみられるような平衡状態を保つ過程を経て再び沈下を開始するが、対数時間の増加に対して沈下量の増加は徐々に大きくなり、最終的には破線で示す正規圧密状態の二次圧密特性に復帰することがうかがわれる。図中の実線は、(1)式を用いて実測値に適合するように t_q の値を定めたものであり、 t_q は p_f の小さいものから順に110000, 41000, 13000, 1200minとなる。これらを定量的に評価することは今後の課題であるが、上述した除荷後の沈下傾向をうまく表現できるといえる。なお、 $t_p (p_p / p_f) (C_c - C_s) / C_\alpha$ に比較してこれらの t_q 値は非常に小さくなるが、擬似過圧密化によるものと過圧密化によるものとは間隙比が同じであっても構造的に大きく違うことに起因しているためと予想される。

さらに、上記の t_q 値を用い(1)式から再沈下開始後の経過時間に対する沈下量を予測すると図-4のようになる。ただし、除荷しない場合($p_f = 3.2 \text{ kgf/cm}^2$)は一時圧密終了時以降の沈下量として $t_q = t_p = 120 \text{ min}$ を与える。 t_q が大きい場合には1か月後ではほとんど沈下の発生がみられないが、1年、10年と時間が経過するにつれて、 t_q の先行効果が相対的に小さくなるのでその沈下量は t_q が小さい場合と同様に正規圧密状態の沈下性状に移行していく。(2)式において述べたとおり $C \alpha'$ は時間とともに変化するから、経過時間が小さい時点で時間~沈下特性曲線の接線勾配として $C \alpha'$ を求め以後これを一定とみなすことは、将来生ずるであろう沈下量の過少評価につながるという懸念がある。

4. おわりに

正規圧密状態における遅延圧密の概念を応用し、時間の原点のとり方に左右されず統一的にプレロード撤去地盤の再沈下を評価しうる考え方を示した。しかし、除荷後の膨潤特性や過圧密化による時間効果の定量的な評価にはいっていないので今後の課題としたい。 参考文献 1)たとえば、栗原宏武・深沢栄造：粘性土の二次圧密特性に関する研究(その2)，鹿島建設技術研究所年報，第35号，pp.173-178，1987。

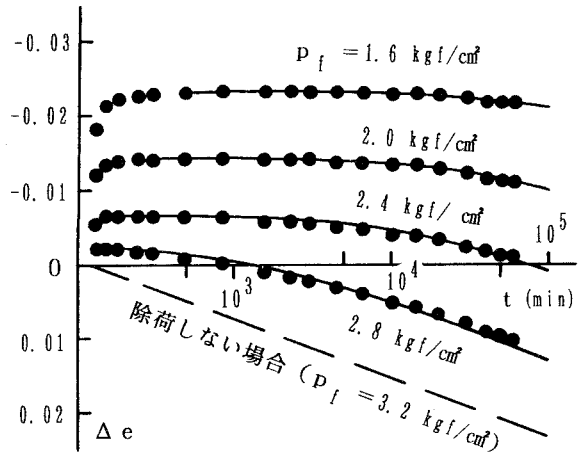


図-3 除荷後の間隙比変化

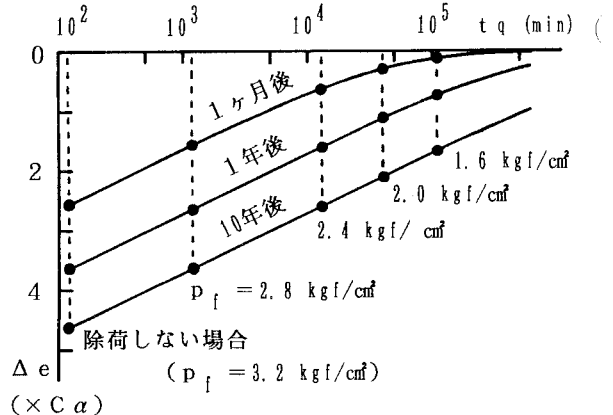


図-4 t_q ~再沈下関係