

Ⅲ - 142

沈降堆積過程を考慮した沈下予測

熊本大学 正 員 鈴木敦巳 熊本大学 正 員 北園芳人
五洋建設(株) 正 員 藤原敏弘 熊本大学 学生員 藤岡義久

1. まえがき

粗粒分を含む試料の干渉沈降を考察する際には分級による粒度分布の再構成を考慮しなければならない事、及び沈降堆積土の体積比と圧密圧力との関係が両対数の直線で近似出来ることを既に報告した¹⁾。本研究では、体積比の変化に伴う透水性の変化に注目して、圧密理論による沈降堆積過程の沈下予測を試みる。

2. 透水性の変化

沈降堆積過程と圧密沈降過程に於ける体積比と透水係数を実験的に求めると図-1のようになり、両過程領域の境界で体積比に対する透水係数の変化が急激になっている。

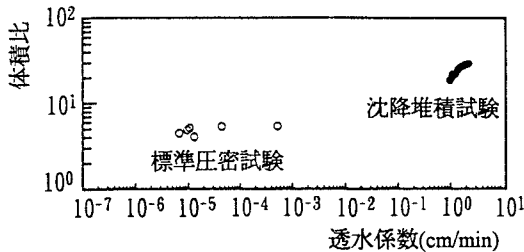


図-1 体積比と透水係数の実験値

このような両過程の境界域での実験は極めて困難であるため、ここではこの変化傾向を図-2に示すようなtypeAとtypeBの2通りにモデル化した。type-Aでは透水係数が不連続変化する体積比を限界体積比(f_c)を仮定する²⁾。しかし実際にはある体積比で透水性がこの様に不連続に変化するという事は考えがたいために、type-Bとして示すような沈降堆積過程と圧密沈降過程との過渡域の透水係数の領域を考慮する方が自然である。

また、体積比と圧密圧力の関係を1つの直線で近似すると仮定したため、圧密係数(c_v)も限界体積比で変化することになる。

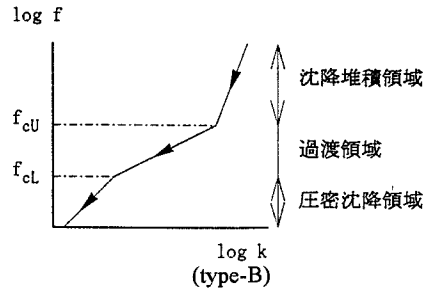
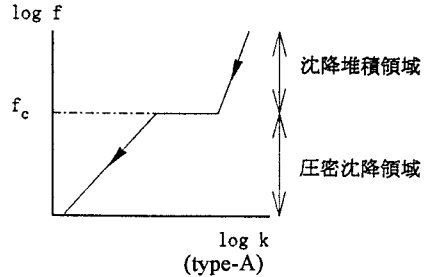


図-2 体積比と透水性の変化モデル

3. 沈下予測の方法

海水中に土を投入した場合、海水に含まれる塩の影響によってフロックが形成される。干渉沈降は初期に懸濁液状態にある期間を持つが、分級は沈降の初期に終了し、細粒分がフロックを形成して互いに干渉するために、沈降堆積過程中フロック間の相対的な位置の変化は生じないと仮定される³⁾。したがって、粒度分離後については個々の粒子が独立に動く沈殿現象は発生しないと考えられ、「分級終了後は沈殿現象は生じない」との新たな過程を加えることによって、沈降堆積過程に圧密方程式を適用することは可能である。

三笠の圧密理論中、層厚と圧密係数の変化および自重を考慮した非常の圧密方程式を差分化すると次のように示される⁴⁾。

$$\begin{aligned} & \zeta_{(t+\Delta t, x_0)} \\ &= \zeta_{(t, x_0)} + \frac{\Delta T n^2}{4} \zeta_{(t, x_0)}^2 \left[\phi(\zeta) \left\{ \zeta_{(t, x_0+\Delta x_0)} - 2\zeta_{(t, x_0)} + \zeta_{(t, x_0-\Delta x_0)} \right\} \right. \\ & \quad \left. + \frac{1}{4} \frac{d}{d\zeta} \phi(\zeta) \left\{ \zeta_{(t, x_0+\Delta x_0)} - \zeta_{(t, x_0-\Delta x_0)} \right\}^2 \right. \\ & \quad \left. - \frac{H_0}{2n} \frac{d}{d\zeta} \left\{ \phi(\zeta) m_v \gamma' \right\} \left\{ \zeta_{(t, x_0+\Delta x_0)} - \zeta_{(t, x_0-\Delta x_0)} \right\} \right] \quad (1) \end{aligned}$$

$$\text{ここで、} \zeta = \frac{\delta z_0}{\delta z} = \frac{f_0}{f} \quad (2)$$

$$n = \frac{H_0}{\Delta x_0} \quad (3)$$

$$\Delta T = \frac{c_{v0}}{\left(\frac{H_0}{2} \right)^2} \Delta t \quad (4)$$

$$\phi(\zeta) = \frac{c_v}{c_{v0}} \quad (5)$$

ζ は圧密比、 H_0 は原始層厚、 n は分割層数、 T は時間係数である。式(1)において限界体積比を仮定するために、式(5)を沈降堆積領域と圧密沈降領域のそれぞれ場合について表す必要が生じる。体積比と圧密係数の関係を次のように仮定する。

$$\text{原始状態} : f_0 = a_1 c_{v0}^{b_1} \quad (6)$$

$$\text{沈降堆積領域} : f = a_1 c_v^{b_1} \quad (7)$$

$$\text{圧密沈降領域} : f = a_2 c_v^{b_2} \quad (8)$$

式(6)と式(7)より、

$$f = f_0 \left(\frac{c_v}{c_{v0}} \right)^{b_1} = f_0 \left\{ \phi(\zeta) \right\}^{b_1} \quad (9)$$

したがって、沈降堆積領域において式(5)は以下の形で表される。

$$\phi(\zeta) = \left(\frac{f}{f_0} \right)^{\frac{1}{b_1}} = \zeta^{-\frac{1}{b_1}} \quad (10)$$

さらに、式(6)と式(8)より、

$$\begin{aligned} \phi(\zeta) = \frac{c_v}{c_{v0}} &= \left(\frac{f}{a_2} \right)^{\frac{1}{b_2}} = \left(\frac{1}{a_2} \frac{f}{f_0} \right)^{\frac{1}{b_2}} \left(\frac{a_1}{f_0} \right)^{\frac{1}{b_2}} \\ &= a_1^{\frac{1}{b_2}} a_2^{-\frac{1}{b_2}} f_0^{\frac{1}{b_2}} \left(\frac{1}{b_2} \frac{1}{b_1} \right) \zeta^{-\frac{1}{b_2}} \quad (11) \end{aligned}$$

と表される。沈降堆積領域と圧密沈降領域の過渡状態を考慮する場合も同様に式(5)を表すことができる。

4. 予測結果

沈降堆積試験で観測された値を図-3中にプロットし、計算結果をそれぞれ実線で描く。type-Aでは沈降堆積過程のみ観測値と良く一致する傾向を示し、その後急速に収束する。これはもっとも圧密が進行する堆積土下部に位置する要素が圧密沈降領域の透水性を持つようになった場合、土かぶりのみでは圧密がほとんど進行しなくなる一方、沈降堆積領域の透水性を持つ上部要素の圧密は進行し、これが限界になると堆積土全体の圧密が見かけ上終了するためである。

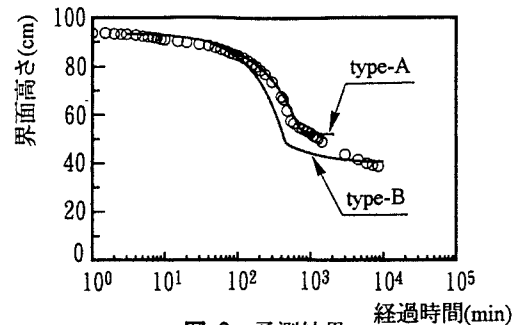


図-3 予測結果

type-Aでは沈降堆積過程終了後急速に収束したのに対し、type-Bでは沈降堆積過程に続く圧密沈降過程についても、沈降速度が急変する挙動を示し、観測値の傾向を概ね表している。

4. まとめ

以上の結果より次の点が明らかになった。

1) 体積比と圧密圧力の関係を広い応力域に対して一つの直線により近似できると仮定することにより、初期に高体積比状態にある場合についても計算を行うことができた。

2) 透水係数が応力域によって大きく変化すると仮定することによって、通常の圧密理論による干渉沈降の沈下予測は可能と思われる。

【参考文献】

- 1) 鈴木・北園・藤原・藤岡：浚渫土の沈降堆積および圧密に関する研究、平成6年度土木学会西部支部講演概要集、1995
- 2) 小林・山川・小川：沈降過程を考慮した超軟弱粘土の自重圧密解析、港湾技研資料 No. 680、1990
- 3) Imai, G. : Settling Behavior of Clay Suspension, Soils and Foundations Vol. 20 No. 2, pp. 61-77, 1980
- 4) 高田・今井・木山：浚渫粘土の圧密沈下(その2)土と基礎 Vol. 27, pp. 71~78、1979