

剛性と摩擦特性を考慮したフローティング式改良地盤の一次元沈下モデルについて

九州大学工学部 学○松井秀岳

九州大学大学院 F 落合英俊

正 大嶺 聖

九州大学大学院 正 安福規之

学 石蔵良平

1. はじめに

フローティング式深層混合処理工法は従来の軟弱地盤改良工法と比較して、コストを削減でき、改良体積が小さくなることで原地盤を自然に近い状態に残せるなど様々な利点がある。しかしながら、その合理的な設計方法は十分に確立されているとは言えない。本研究では、平均化手法を用いた沈下量推定法をもとに、改良体と原地盤の摩擦特性に着目し、それが沈下量に及ぼす影響について検討する。そのために剛性と摩擦特性を考慮した改良供試体のモデル化を行い、一次元の改良地盤の沈下量推定法を提案し、改良供試体の一次元圧密実験の結果との比較により、その妥当性を明らかにする。

2. 剛性および摩擦特性を考慮した一次元沈下のモデル化

(1) 平均化手法 平均化手法とは、特性の違う二つの物体が存在する改良地盤を、一つの等価な地盤に置き換える手法である。フローティング式改良の場合、セメントなどによって攪拌混合された改良体（体積圧縮係数 m_{vs} ）と改良体間に残る軟弱粘土（ m_v^* ）の二つの物体が存在する。その改良層を、二つの物体の剛性、各物体に作用する応力に着目し、等価な地盤に置き換える。図1は平均化の概念図である。

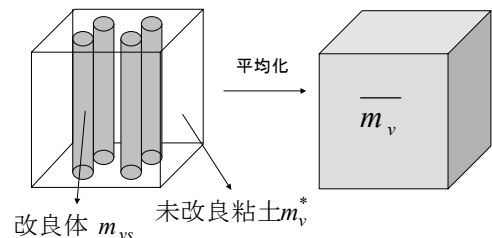


図1. 改良地盤における平均化の概念図

平均化の式は、
$$\bar{m}_v = \frac{\bar{b} f_s m_{vs} + (1 - f_s) m_v^*}{(\bar{b} - 1) f_s + 1} \cdots (1)$$

ここで、 $\bar{b}$: 応力分担比 f_s : 改良率
 m_{vs} : 改良体の体積圧縮係数
 m_v^* : 未改良土の体積圧縮係数

(2) 摩擦特性を考慮した一次元沈下のモデル化

上記のように、改良地盤の体積圧縮係数を平均化して沈下量を求めるには、応力分担比 b を求めなければならない。ここでは、改良体と軟弱粘土の摩擦を考慮したモデルを考え、そのモデルにおける力のつりあいを考えることで平均的な応力分担比 $\bar{b}$ を求めた。モデルでは改良体に均一な摩擦力が働き、改良部分下の未改良土に伝わる力が変化すると考える(図2)。

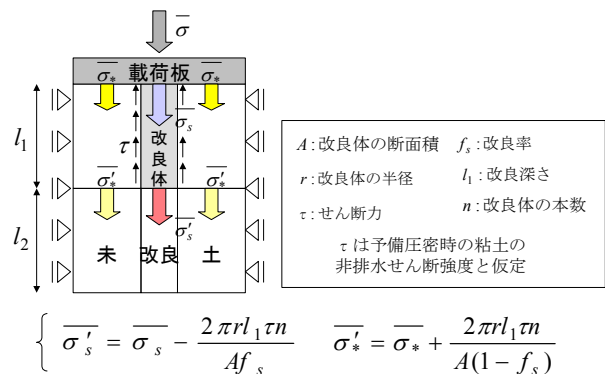


図2. 一次元沈下のモデル化の概念図

ここで応力分担比とはある断面において改良体と、未改良土に作用する応力の比の事で、載荷板直下での応力分担比を b 、改良部分の最下面での応力分担比を b' とすると、

$$b = \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_*} \cdots (2) \quad b' = \frac{\bar{\sigma}'_s}{\bar{\sigma}'_*} \cdots (3)$$

ここで、 $\bar{\sigma}_s$: 載荷板下で杭にかかる応力

$\bar{\sigma}_*$: 載荷板下で粘土にかかる応力

(添え字のダッシュは改良部分最下面の意味)

モデルにおいて、改良杭と杭下の未改良土の合計変位と、杭間の未改良土とその下の未改良土の合

計変位が等しくなるとして力のつり合いを解くと、

$$b = \frac{R(1-f_s) \left\{ \bar{\sigma}(l_1+l_2)f_s + \frac{l_2 T}{A} \right\}}{\bar{\sigma}(l_1+Rl_2)(1-f_s)f_s - Rl_2 f_s \frac{T}{A}} \dots (4)$$

$$b' = \frac{R \left\{ \bar{\sigma}(l_1+l_2) - l_1 \frac{T}{A} \right\} - \frac{(1-f_s)}{f_s} l_1 \frac{T}{A}}{R \left\{ \bar{\sigma} l_2 + \frac{f_s}{(1-f_s)} l_1 \frac{T}{A} \right\} + l_1 \left(\bar{\sigma} + \frac{T}{A} \right)} \dots (5)$$

ここで、 R :剛性比($=E_s/E_*$) l_2 :未改良層厚 T :周面摩擦力($=2\pi l_1 m$) f_s :改良率 A :供試体断面積
 n :改良体本数

実際に平均化の式(1)に代入する $\bar{b}$ は、 $\bar{b} = \frac{b+b'}{2} \dots (6)$ $\Delta\sigma$ が作用した時の沈下量 ΔS は、

$\Delta S = \bar{m}_v l_1 \Delta\sigma + \bar{m}_v^* l_2 \Delta\sigma \dots (7)$ で求まる。ここで $\bar{m}_v$ は式(6)の $\bar{b}$ を式(1)に代入することで求められる。

3. 実験概要

(1) 実験装置、材料 モデル化、平均化手法の妥当性を検討する為に、一次元での改良供試体の圧密実験を行った。改良供試体の寸法は $150 \times 150 \times 260\text{mm}$ 。含水比80%のカオリン粘土を5kPa、20kPaで予備圧密し、改良柱体挿入後、20kPaでならした後、40kPa、80kPaと段階載荷した。載荷板上部に変位計、ロードセルを設置し、変位、載荷圧を測定した。

(2) 実験条件 改良供試体の改良率は12.6%、25.1%、37.7%の3通り、改良深さは11cmと15cmの2通りで実施した。両面排水状態で圧密実験を行い、供試体内部に設置した水圧計により、過剰間隙水圧が消散した時点で圧密沈下終了とする。

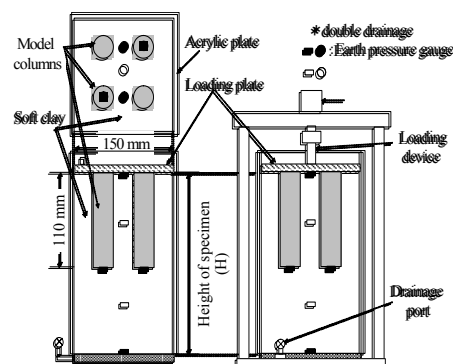


図3. 模型実験装置図

4. 実験結果と考察

図4は、モデル化から導いた $\bar{b}$ を用いて式(7)から求めた沈下量と、実験値との比較である。3通りの改良率において実験値と比較的よく対応しており、平均化手法、モデル式の妥当性が確認できる。実験による沈下量の値が少し小さい値を示しているが、粘土に改良杭を挿入する際の乱れによって、 m_v^* が大きくなったことが原因ではないかと考えられる。今回のモデル化は、摩擦特性に着目したものであるが、 τ を予備圧密時の粘土の非排水せん断強度と仮定した事や、改良体間の軟弱粘土の応力依存性、群杭効果など考慮すべき点があると思われる。

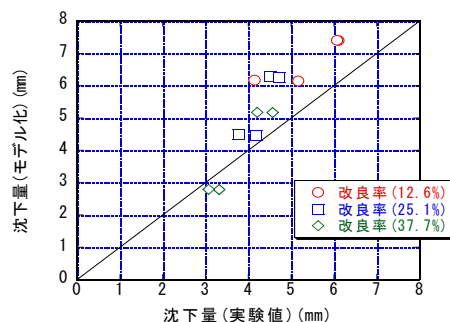


図4. モデルから得られた沈下量と実験値の比較

5. まとめ

改良体と原地盤の剛性及び摩擦特性を考慮した、一次元沈下モデルによって、改良地盤の沈下量を概ね推定できる事が確認できた。今後さらに推定法の精度を向上させる為には、改良体に作用する摩擦抵抗 τ の値や、群杭効果などを考慮してパラメータを決定する必要がある。また、一次元のモデルから実際の改良地盤への適用性を検討していく予定である。

<参考文献>大嶺 聖他：杭状改良地盤の応力・変形解析における平均化手法の一提案、第2回地盤改良シンポジウム pp197-202, 1996