

模型攪拌装置を用いたフローティング式杭状改良地盤の一次元圧密特性とその評価

九州大学 学○松井秀岳 F 落合英俊
九州大学 正 大嶺 聖 学 石蔵良平

1、目的

本研究では、実際の現場において改良地盤の沈下を予測するための基礎として、一次元圧縮状態での簡便な沈下モデル¹⁾を提案し、改良率、改良深さなどの各パラメータと沈下量の関係について検討してきた。その中で、ウレタンを改良体に用いた模型実験においては、改良体周面に作用する平均的なせん断力を粘土の非排水せん断強度と仮定することで、改良率が比較的小さな範囲では、一次元モデルの適用性が確認できた。本報告では、セメントを用いて、実際の改良を模擬した模型地盤を作製し、一次元圧密を模擬した実験を行い、モデルから推定された沈下量などと比較することで、モデルの適用性について検討する。

2、剛性と摩擦特性に着目した一次元沈下モデル

このモデルでは、まず一次元圧縮条件を仮定したフローティング式杭状改良地盤を、改良体、未改良土それぞれ異なる剛性をもった独立のばねであると仮定する。さらに、改良体周面には、一様に周面摩擦力 τ が上向きに作用するとする。またばねは鉛直方向に応力が作用した分だけ独立して沈下する。この条件で、載荷板を介して平均的に $\bar{\sigma}$ の応力が作用する場合を考える。図1にその概念図を示す。載荷板を介して改良地盤が一様に沈下する場合、モデルにおいて力の釣り合いを考えると、改良体と未改良土に作用する応力の比は以下の式で表される。ここで、式(1)は載荷板直下での応力分担比、式(2)は、未改良層表面での応力分担比を表し、式(3)は改良部分の平均的な応力分担比を表す。

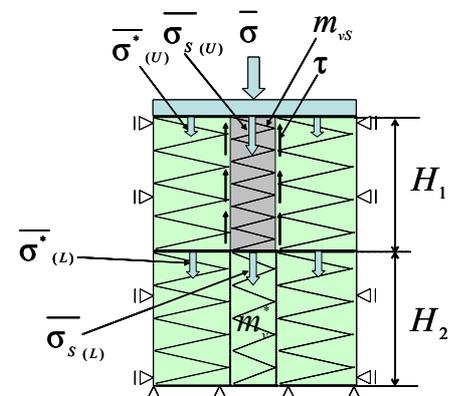


図1、フローティング式杭状改良地盤の一次元バネモデル

$$b = \frac{\bar{\sigma}_{s(w)}}{\bar{\sigma}_{s(L)}} = \frac{2R(D+1)\bar{\sigma} + \left\langle \frac{(1-f_s)D + (f_s D + 2)R}{f_s} \right\rangle \frac{T}{A}}{2\bar{\sigma}(D+R) - \left\langle D + \frac{(f_s D + 2)R}{f_s(1-f_s)} \right\rangle \frac{T}{A}} \quad (1) \quad b' = \frac{\bar{\sigma}_{s(L)}}{\bar{\sigma}_{s(L)}} = \frac{2R(D+1)\bar{\sigma} - D \left\langle \frac{(1-f_s) + R}{f_s} \right\rangle \frac{T}{A}}{2(D+R)\bar{\sigma} + (1+R) \frac{f_s}{(1-f_s)} D \frac{T}{A}} \quad (2) \quad \bar{b} = (b+b')/2 \quad (3)$$

ここで、 R ：改良体と未改良土の剛性比(m_v^*/m_{vs})、 D ：改良深さと未改良層厚の比(H_1/H_2)、 T ：改良体の周面摩擦力($T = 2\pi r H_1 \tau$)、 f_s ：改良率、 A ：模型地盤表面積、 τ ：予備圧密時の粘土の比排水せん断強度を表す。

3、一次元圧密を模擬した模型実験

改良率および改良深さが改良地盤の一次元圧密沈下特性に与える影響の把握と、モデルから得られた推定値との比較を行うために、一次元圧密を模擬した模型実験を行った。

(1)実験概要 実験では市販のカオリン粘土を20kPaで予備圧密し、改良柱体挿入後、40kPa、80kPaと段階載荷する。供試体の初期高さは約20cmである。改良地盤の鉛直変位および載荷板直下の未改良土に作用する鉛直応力を経時的に測定する。改良体は変形係数 $E_{50} = 50(\text{kPa})$ のエーテル系ウレタンと、実際のセメント改良体を模擬するために模型攪拌装置により、作製した供試体に対して載荷試験を行った。

(2)実験条件 改良体にウレタンを使用した載荷試験では、供試体の改良率(f_s)は12.6%、25.1%、37.7%の3パターン、改良深さ(H_1)は11cmと15cmの2パターンで実施する。

キーワード 圧密沈下 応力分担比 体積圧縮係数 フローティング式 深層混合

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学(工学部4号館(水工))

TEL:092-642-3286 FAX:092-642-3285

改良体の配置については、杭式および壁式の2パターンで行った。模型攪拌装置を用いて作製した供試体は、改良率(f_s)が12.6%、25.1%、改良深さ(H_1)が11cm、15cmの杭式改良の条件で行った。

(3) 模型攪拌装置を用いた改良体作製 模型攪拌装置を用いた改良体作製の手順を図2に示す。セメント添加量が 200kg/m^2 になるようにセメントスラリーの供給量を調節する。また回転翼の回転数は30回転/分、回転翼直径は3mm、慣入、引抜き速度は5cm/分とする。養生期間は約3日間とする。

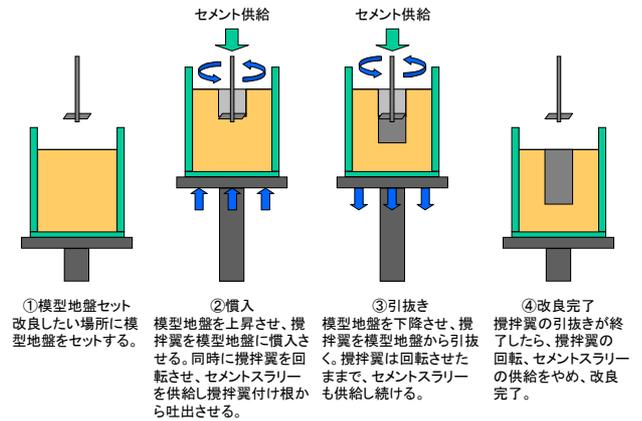


図2、模型攪拌装置を用いた改良体の作製手順

4、実験結果と考察

沈下モデルは、改良体の剛性と摩擦特性に着目し、改良部分の平均的な体積圧縮係数を推定するために必要な応力分担比を求めるものである。モデルから得られた応力分担比を用いて、平均化の考えから改良部分の平均的な体積圧縮係数を求め、沈下量を推定する。表1は実験から得られた各材料の(m_v)である。セメント改良体の m_v については一軸圧縮試験を実施し、 E_{50} を求め、その逆数を用いた。これらを式(1)、式(2)に代入し、応力分担比を推定する。図3に載荷板直下における応力分担比の実験値と推定値の比較を示す。実験値は載荷板直下の未改良土に作用する応力を測定することで求めた。実験値と推定値の間に多少ばらつきは見られるが、比較的良好に対応している。改良率が大きくなるほど実験値の b は大きくなる傾向を示した。セメント改良体での実験では、応力の計測が難しくデータが1つしか得られていないが、得られた値は実験値と良く対応している。図4に圧密沈下量の実験値と推定値の比較を示す。全体として実験値と推定値は対応した値を示しているが、セメントを攪拌混合した実験ケースにおいても、同様の傾向が見られたため、実際のセメント改良地盤の沈下量を推定できる可能性が示された。

表1、推定に用いた各材料のパラメータ

材料	m_v (m^2/MN)
粘土(載荷応力20→40kPa)	1.63×10^{-6}
粘土(載荷応力40→80kPa)	1.13×10^{-6}
ウレタン杭	2.00×10^{-8}
セメント改良体($f_s=12.6\%$ $H_1=11$)	8.33×10^{-8}
セメント改良体($f_s=12.6\%$ $H_1=15$)	6.25×10^{-8}
セメント改良体($f_s=25.1\%$ $H_1=11$)	4.73×10^{-7}
セメント改良体($f_s=25.1\%$ $H_1=15$)	6.75×10^{-7}

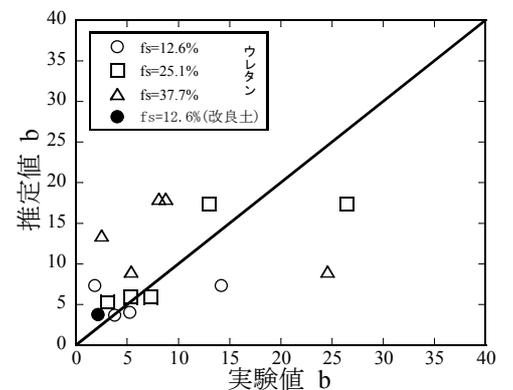


図3、載荷板直下の応力分担比の比較 (P=40→80kPa)

5、まとめ

今回、模型攪拌装置によって作製されたセメント改良地盤において一次元圧密模型実験を行った。その結果、今回のように改良率が比較的小さな範囲では、実際の改良体を模擬したセメント改良地盤においても、沈下量を概ね推定できることが確認された。

- 【参考文献】1) 松井秀岳・落合英俊・大嶺聖・石蔵良平：沈下モデルに基づくフローティング式杭状改良地盤の一次元圧密特性の評価、第41回地盤工学研究発表会、2006（投稿中）
 2) 石蔵良平・落合英俊・大嶺聖他：改良条件が異なるフローティング式杭状改良地盤の摩擦特性を考慮した一次元ばねモデルの検証、第61回土木学会年次学術講演会、2006（投稿中）

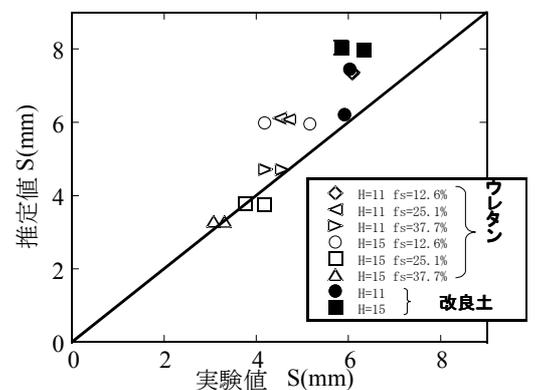


図4、圧密沈下量の比較(P=40→80kPa)