

摩擦特性を考慮した沈下モデルに基づくフローティング式杭状改良地盤の圧密沈下量の推定

九州大学大学院 学 石蔵 良平 F 落合 英俊
 九州大学大学院 正 安福 規之 正 大嶺 聖
 九州大学大学院 正 小林 泰三 学 松井 秀岳

1.はじめに フローティング式深層混合処理工法は、盛土道路などの上部構造物の機能が保たれる範囲内で沈下を許容する工法であり、合理的で環境に配慮した地盤改良工法として期待されている。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の一次元ばねモデルを提案している。このモデルでは、改良率が比較的小さな領域では改良体の周面に作用する平均的なせん断力を未改良土の非排水せん断強度と仮定することで、一次元圧密を模擬した模型実験との比較から、その適用性が検証されている¹⁾。本報告では、改良地盤の改良率や改良深さが変化した場合の改良体周面に作用するせん断力をより詳細に検討し、従来の一次元沈下モデルとの比較を行った。

2.剛性と摩擦特性に着目した一次元沈下モデル

(1) 応力分担比

先に示した一次元沈下モデル¹⁾は、改良体周面に、平均的に周面摩擦力が上向きに作用するものと仮定する。また、このとき載荷板を介して載荷応力 $\Delta\bar{\sigma}$ が作用する時、改良地盤が一様に沈下するという仮定から、載荷板直下および改良部直下の改良体と未改良土に作用する応力の比である応力分担比 b, \bar{b} を求め、一次元圧縮状態における改良部分の平均的な体積圧縮係数 (m_v) および改良地盤の全体の沈下量 (S) をそれぞれ式(1)、

(2)で求める。

$$\bar{m}_v = \frac{f_s \bar{b} m_{vs} + (1 - f_s) m_v^*}{(\bar{b} - 1) f_s + 1} \quad (1) \quad \Delta S = \bar{m}_v H_1 \Delta \bar{\sigma} + m_v^* H_2 \Delta \bar{\sigma} \quad (2)$$

ここで、 f_s ：改良率、 \bar{b} ：改良部分の平均的な応力分担比、 m_v^* 、 m_{vs} ：未改良土、改良体の体積圧縮係数、 H_1, H_2 ：改良深さ、未改良層厚を示す。改良部分内部の平均的な応力分担比 \bar{b} を推定するために、改良体周面に作用する周面摩擦力を仮定する必要があるが、本研究ではこれまで、 $\bar{c} = C_u$ (C_u ：未改良土の非排水せん断強度)として、応力分担比を推定した。

(2) 改良体の周面摩擦力

改良地盤の形状の違いが、改良体周面に作用する平均的なせん断力に与える影響を評価するための概念図を図1に示す。図は平面ひずみ条件での改良体が壁状である場合の1ユニットを示したものである。本研究では、FEM弾塑性解析を用いて、1ユニットに対して、一次元圧縮状態での載荷を行った。ここでは、載荷幅 B 、改良壁深さ D および地盤深さ H 等の改良地盤の形状と未改良地盤の先行圧密荷重 P_0 、改良地盤作製後の載荷荷重 P の荷重条件が異なる場合での載荷を行い、改良地盤周面に作用する平均的なせん断力を求めた。図2は、その結果をまとめたものである。図は、載荷幅 B で改良壁の深さ D を除いた値と未改良土に作用する先行圧密荷重 P_0 で改良壁の周面に作用する平均的なせん断力を正規化した値の関係を示したものである。 D/B の値が大きくなるほど、同一の先行圧密荷重を受けた未改良土に対して平均的なせん断力は減少する傾向を示した。異なる先行圧密荷重を受けた地盤や改良深さが異なる場合において、ばらつきは見られるものの、同様の傾向が見られた。これらの結果は、平面ひずみ条件における改良地盤1ユニットに対する条

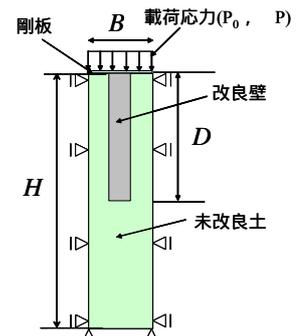


図1.改良部1ユニット

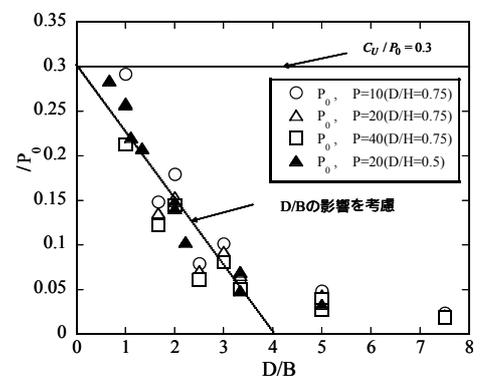


図2 改良地盤の形状と周面摩擦力の関係

キーワード 圧密沈下 応力分担比 体積圧縮係数 杭状改良地盤

連絡先 〒812-8581 福岡県福岡市東区箱崎6-10-1 工学部4号館(水工) 番号 092-642-3286

件を変化させた結果であり，比較的一般性があると考えられる．本研究では，改良地盤の周面に作用する平均的なせん断力を $\sigma_v = C_u(C_u/P_0=0.3)$ と一定にした従来の考え方と D/B の形状を考慮した考え方で評価したときの改良地盤の沈下量とを FEM 解析結果との比較から考察を行う．

3. 解析条件

平面ひずみ条件での 2 次元弾塑性解析を実施した．解析に使用した改良地盤の概略図を図 3 に示す．改良地盤は本研究で行っている一次元圧密模擬実験のスケールに合わせ，改良壁一本の幅は 30mm とした．表 1 に解析ケースを示す．改良深さは，2 種類とし，改良率 f_s については，载荷幅に対する改良体の幅が占める割合で換算した．解析に使用した未改良土および改良壁の材料定数を表 2 に示す．未改良土にはカムクレイモデルをベースとする構成式を使用した．モデル地盤はまず，先行圧密荷重 P_0 を载荷することで未改良地盤を作製し，次に未改良地盤の一部を図 3 に示すような改良壁に瞬時に置き換えた後，剛板を介して载荷応力 P が作用した時の沈下量を求めた．

4. 解析結果と沈下モデルの比較

図 4 に，载荷条件が $P_0=40\text{kPa}$ ， $P=40\text{kPa}$ の時の解析結果と改良体周面に作用する平均的なせん断力を図 2 の $\sigma_v = C_u$ と仮定して一次元沈下モデルにより求めた改良地盤全体の沈下量の比較を示す．解析値は，改良深さ $H_1=110(\text{mm})$ ， $H_2=150(\text{mm})$ それぞれの条件で，改良率が増加するに従い，改良地盤全体の沈下量が減少する傾向し，改良率が大きな条件では沈下量が収束する傾向を示した．また，改良体周面に作用する平均的なせん断力を $\sigma_v = C_u$ と仮定した一次元沈下モデルの結果は，改良率が小さくまた，改良深さが小さな領域では沈下量が解析値と一致するのに対して，改良率が大きく，改良深さが大きな領域では解析値と一致しにくい傾向を示した．これは，改良率が大きく，改良深さが大きなケースでの改良体周面に作用する平均的なせん断力を過大に評価したためと考えられる．図 5 は，同様の条件での解析値と改良体周面に作用する平均的なせん断力を図 2 の D/B の形状を考慮して分布させて求めた改良地盤全体の沈下量の比較である．図より，改良率が大きく，また改良深さが大きな領域においても， $\sigma_v = C_u$ （一定）と仮定した場合と比較して，解析値の傾向を捉えていると考えられる．

5. まとめ

今回，改良率や改良深さが変化した場合での改良壁周面に作用する平均的なせん断力を考慮した沈下モデルと従来のモデルとの比較を行った．その結果，改良率や改良深さが大きな領域では，改良壁周面に作用する平均的なせん断力を別途考慮した沈下モデルにより，改良地盤の沈下を予測できることが示された．

【参考文献】1) 松井秀岳他：沈下モデルに基づく攪拌混合された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 61 回土木学会年次学術講演会概要集，投稿中

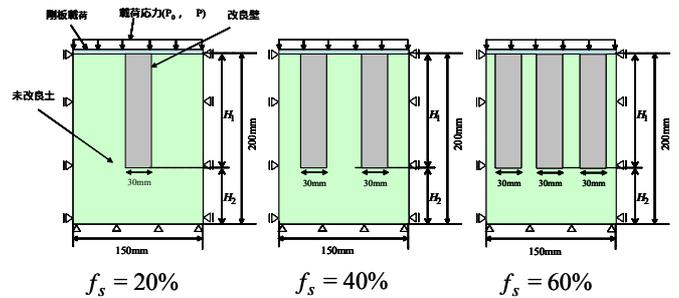


図 3. 解析に使用した改良地盤図

表 1. 解析ケース

改良深さ $H_1(\text{mm})$	110, 150
载荷条件 $P(\text{kPa})$	$P_0=20 \Delta P=20$, $P_0=40 \Delta P=40$

表 2. 材料定数

未改良土の材料定数

圧縮指数	C_c	0.29
膨潤指数	C_r	0.058
限界状態定数	M	1.38
ポアソン比	ν	0.25
静止土圧係数	K_0	0.57
単位体積重量	$\gamma_{\text{sat}}(\text{kN/m}^3)$	18
先行圧密荷重	P_0 (kPa)	20 40

改良体の材料定数

変形係数	$E(\text{kPa})$	50000
ポアソン比	ν	0.25
単位体積重量	$\gamma_{\text{sat}}(\text{kN/m}^3)$	18

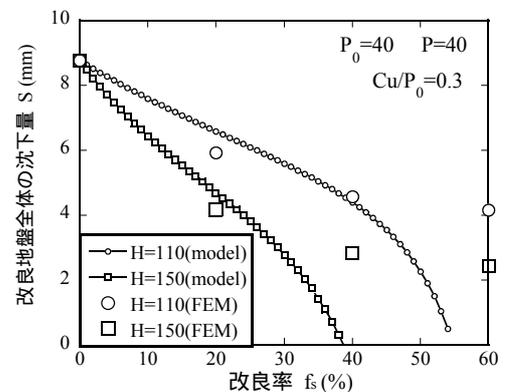


図 4. 沈下量の比較($\sigma_v = C_u$:一定)

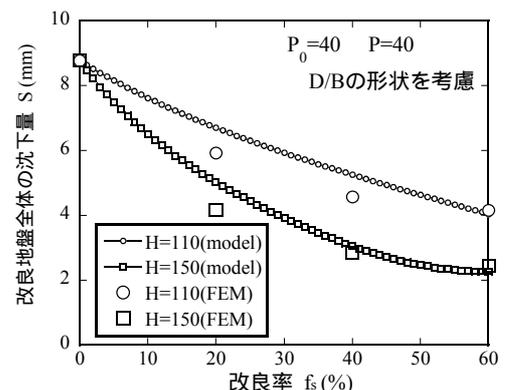


図 5. 沈下量の比較(σ_v :形状により分布)