

フローティング式杭状改良地盤の沈下量推定方法の提案と模型実験による検証

九州大学大学院 学○ 石藏 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 フローティング式杭状改良地盤は、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、経済性や環境面に有効な工法として期待されている。この工法は、深層改良体を未改良土に留めた改良形式であり大きな圧密沈下が発生するため、沈下量を定量的に評価することは重要である。本研究では、これまで、改良地盤が、改良体と未改良土が一体化して圧縮される層と圧密沈下が卓越する層に大別されることを解析的に確認している¹⁾。本報告では、改良率や改良深さなどの改良パラメータに応じて各層の割合を評価できる沈下量推定方法を提案し、平面ひずみ条件での模型実験との比較を行う。

2. 沈下量推定方法**(1) 改良条件に応じた圧密沈下対象層の決定方法**

本研究ではこれまで、図1のAに示す一次元圧縮条件での改良部分の平均的な体積圧縮係数 $\bar{m}_v$ を評価する方法を提案している。改良部分の体積圧縮係数 $\bar{m}_v$ は式(1)により求められる。

$$\bar{m}_v = \frac{f_s \bar{m}_{vs} + (1 - f_s) m_v^*}{(b - 1) f_s + 1} \quad (1)$$

m_{vs} 、 m_v^* は深層改良体の変形係数の逆数と標準圧密試験から求めた未改良土の体積圧縮係数を表し、 f_s は改良率、 $\bar{b}$ は応力分担比を表す。 $\bar{b}$ は改良体と未改良土の剛性比(m_v^*/m_{vs})、改良深さと未改良層厚の比(H_1/H_2)、改良率 f_s とフローティング式特有の周面抵抗 $\bar{\tau}$ を未改良土の非排水せん断強度 c_u から求めたものを用いて表される²⁾。 $\bar{m}_v$ を用いて改良地盤を改良体と未改良土が一体化する等価基礎部と圧密沈下が生じる層に区分けし、各層厚を決定する。図1のAの改良深さ H_1 、体積圧縮係数 $\bar{m}_v$ の改良部分に載荷板から鉛直方向に $\Delta\sigma$ の応力が作用すれば、改良部分の圧縮量は式(2)で表される。

$$\Delta S_A = \bar{m}_v H_1 \Delta\sigma \quad (2)$$

一方、図1のBでは、式(2)で求めた改良部分の圧縮量と等しくなるように、改良部分を改良体と未改良土が一体化する部分と圧密沈下が発生する層厚に区分けする。圧密沈下が発生する層厚が改良深さ H_1 に占める割合を α とすれば、改良部分の圧縮量は式(3)で表される。

$$\Delta S_B = \bar{m}_{vf} (1 - \alpha) H_1 \Delta\sigma + m_v^* \alpha H_1 \Delta\sigma \quad (3)$$

$\bar{m}_{vf}$ は、等価基礎の体積圧縮係数を表す。等価基礎は改良体と未改良土が一体化し、一様にひずむ部分と仮定すれば、等価基礎の $\bar{b}$ は、改良体と未改良土の剛性比 $b_f = m_v^*/m_{vs}$ で表され、式(1)に代入することで等価基礎の体積圧縮係数 $\bar{m}_{vf}$ が求まる。 $\Delta S_A = \Delta S_B$ とすれば、 α は、以下の式で表される。

$$\alpha = \frac{\bar{m}_v - \bar{m}_{vf}}{m_v^* - \bar{m}_{vf}} \quad (4)$$

α は、改良部分内部の圧密沈下が発生する層厚が改良深さ H_1 に占める割合を表し、等価換算係数と称す。式(4)に含まれる $\bar{m}_v$ は、改良率 f_s や改良深さ H_1 などの改良パラメータに応じて評価できる。すなわち、等価換算係数 α を用いて、改良部分内部の圧密沈下が発生する層厚を改良パラメータの変化に応じて決定することができる。

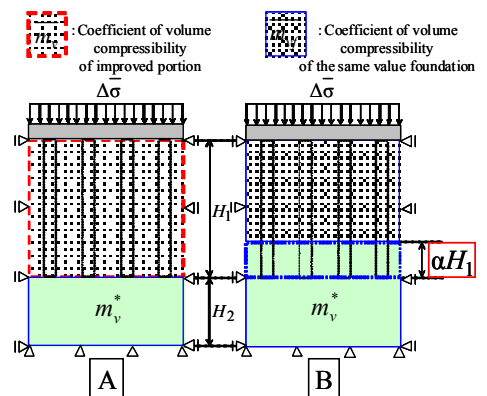
(2) 改良地盤の全沈下量計算のための荷重分散バネモデル

図1. 圧密沈下対象層の決定方法

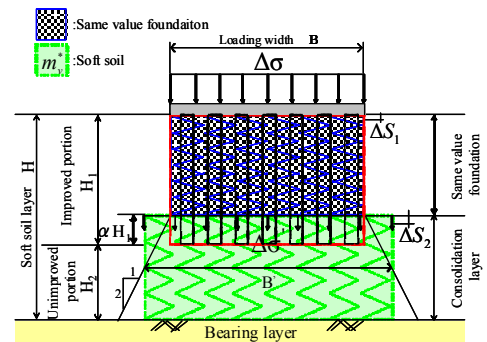


図2. 沈下計算のための荷重分散バネモデル

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 〒819-0395 福岡県福岡市西区 744 番地 ウェスト 2 号館 1108-2 TEL 番号 092-802-2999(7805)

改良地盤の全沈下量は、(1)で区分けした各部分での沈下量を計算し、その合計を全沈下量とする。全沈下量計算の概念図を図2に示す。改良深さを H_1 とすれば、等価基礎部の層厚は等価換算係数 α を用いて $(1-\alpha)H_1$ と表される。ここで、載荷幅 B に載荷荷重 $\Delta\sigma$ が一樣に作用するときの等価基礎部の沈下量は、等価基礎が体積圧縮係数 $\overline{m_v}$ の剛性もつバネとして、以下の式で求められる。

$$\Delta S_1 = \overline{m_v}(1-\alpha)H_1\Delta\sigma \quad (5)$$

圧密沈下対象層は、軟弱地盤層厚を H とすれば、 $H-(1-\alpha)H_1$ と表される。層厚中央深さでの体積圧縮係数 m_v^* の剛性をもつバネとし、荷重が鉛直方向に一樣に分散する2:1法の荷重分散方法を適用する。対象層中央深さでの荷重分散幅 B' に作用する一様分散荷重 $\Delta\sigma'$ を用いて、圧密沈下対象層の沈下量は式(6)により表される。改良地盤全体の沈下量は、式(5)、(6)の合計として式(7)で表される。

$$\Delta S_2 = m_v^*(H-(1-\alpha)H_1)\Delta\sigma' \quad (6)$$

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 \quad (7)$$

3. 平面ひずみ模型実験による検証

(1) 実験概要

実験装置の概要を図3に示す。載荷方法は、装置上部に設置したベロフラム式エアシリンダーにより応力制御の条件で載荷板を介して載荷を行う。模型地盤には、市販のカオリン粘土を予備圧密し、圧密が終了したものを未改良地盤と見なした。均質化を図るため、改良体にはエーテル系ウレタンを使用した。表1に実験条件を示す。改良体の配置は杭式改良とし、改良率 f_s および改良深さ H_1 を変化させた条件で行う。図3に示すように、改良部周辺の地表面に鉛玉を敷き詰め、改良地盤の中心に載荷板により載荷応力 $p = 30\text{kPa}$ で載荷し、圧密が終了した時点から $P = 40\text{kPa}$ を載荷したときの沈下量について考察する。

(2) 実験結果と考察

図4に各実験ケースの $p = 40\text{kPa}$ 載荷時の沈下量経時変化を示す。載荷は、3t法により5日間程度行った。改良地盤の沈下量は、改良率が大きくなるに従い、減少することがわかる。また、改良深さ H_1 が大きなCase4での全沈下量 ΔS が最も小さくなる結果となった。2で示した等価換算係数 α を用いて改良地盤の全沈下量の推定を試みる。図5に式(4)より計算した模型実験スケールでの等価換算係数 α と各改良パラメータの関係を示す。計算結果は、改良率 f_s の増加に伴い、 α は減少する傾向を示す。また改良深さ H_1 が大きくなるほど α は減少傾向を示す。図5を用いて、全体の沈下量 ΔS の計算を行う。計算結果は、各実験条件に応じた図5の等価換算係数 α を式(5)、(6)に代入して式(7)から求めた。全体の沈下量 ΔS の計算結果と実験結果との比較を図6に示す。計算結果は全体として実験結果と概ねよい一致を示しており、改良率や改良深さの増加に伴う沈下量 ΔS の減少傾向を良く捉えているものと考えられる。本研究で提案した沈下量推定方法により改良地盤の沈下量を評価できることが確認された。

4. まとめ

本研究では、フローティング式杭状改良地盤の沈下量と改良率および改良深さを関連付けることを目的に等価換算係数 α の考え方を導入して、沈下量を推定する方法を提案した。 α を用いて計算したフローティング式杭状改良地盤の全沈下量は平面ひずみ条件での模型実験結果と概ね一致することを示した。

【参考文献】1) 1 Ishikura, R. (2006) Evaluation of settlement of the improved ground with floating type columns in low improvement ratio, Recent Development of Geotechnical and Geo- Environmental Engineering in Asia, Dalian University Press, China, pp.139-144, 2006. 2) 石蔵良平他：改良体の剛性と摩擦特性に着目したフローティング式杭状改良地盤の沈下モデル，第41回地盤工学研究発表会，2006

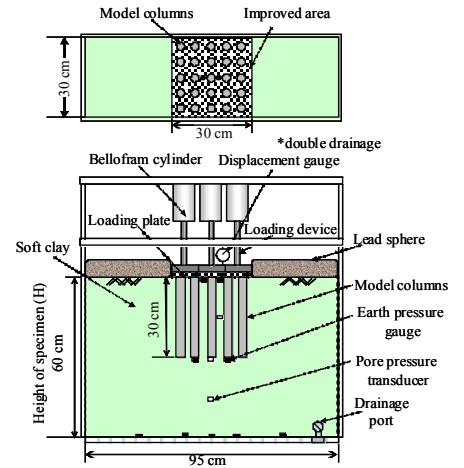


図3. 平面ひずみ模型実験装置図

表1. 実験ケース

	Improvement ratio $f_s(\%)$	Ground depth $H(\text{mm})$	Normalized improved depth H_1/H	Surcharge $P_s(\text{kPa})$	Arrangement of columns
Case0	0	610	0	10	unimproved
Case1	12.5	610	0.50	10	group column
Case2	19.6	560	0.50	5	group column
Case3	28.3	600	0.50	5	group column
Case4	12.5	610	0.75	10	group column

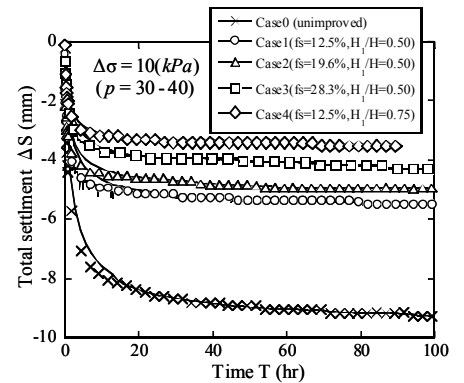


図4. 沈下量の経時変化

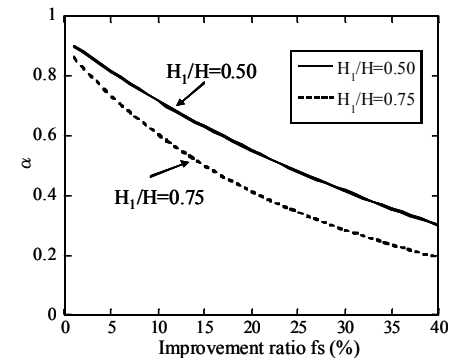


図5. 模型実験での等価換算係数

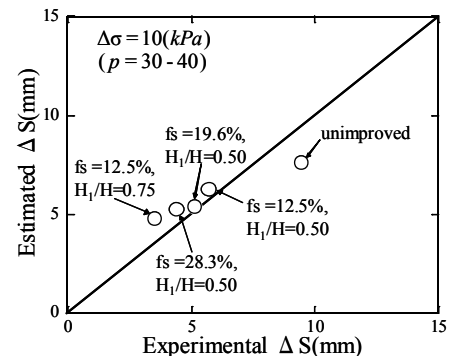


図6. 実験結果と計算結果の比較