

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤の沈下量推定方法と現場動態観測への適用

九州大学大学院 学○石蔵 良平

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 松井 秀岳

1. はじめに

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤は、従来の地盤改良技術と比較して、経済性や環境面において大変有効な技術として期待されている。改良地盤は、非着底型改良形式であり、改良部分直下に未改良層が残存するため、沈下量の評価が重要となる。本研究ではこれまで、改良地盤の沈下量推定方法を提案し、模型実験との比較からその検証を行っている¹⁾。本報告では、有明海沿岸道路建設に付随して試験施工された改良地盤の動態観測結果との比較から、現場スケールでの沈下量推定方法の検証を行う。

2. 現場動態観測にみる沈下の傾向

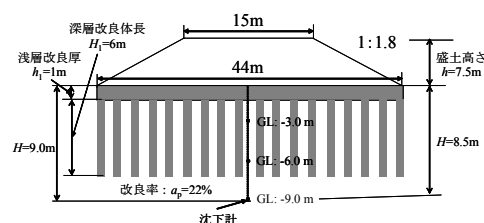
福岡県大牟田市昭和開地区において対象とする改良地盤への試験盛土が実施された²⁾。図1に現場施工事例の概要を示す。基礎地盤には、改良条件の異なる2つの改良地盤の施工が行われた。深層改良部は矩形配置の杭式改良で、盛土幅に対して全面的にくまなく深層改良体が打設された。各ケースの盛土中心直下に沈下計を設置し、軟弱地盤の各層別での沈下計測が行われた。盛土中心直下に設置された沈下計の位置を図に併記する。沈下計により計測された盛土中心直下の深度方向の沈下量分布を図2に示す。

深層改良体が存在する深さまでを改良部分と定義すると、改良部分上部では、深層改良体と改良体間の未改良土が一体となって沈下している。一方、改良部分下部のある深度から改良部分下部の未改良層にかけては、大きな圧密沈下が発生しており、この領域を改良地盤の圧密沈下が卓越する層と見なすことができる。

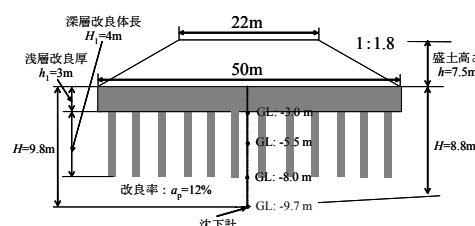
このように、改良地盤は、改良部分上部の深層改良体と未改良土が一体となって圧縮する層（以下、等価基礎）と、圧密沈下が卓越する圧密沈下対象層に大別することができる。この各層厚の割合は、施工事例①、②の比較からもわかるように、改良率 a_p や改良深さ H_1 などの改良条件によって変化する。沈下量を精度よく評価するためには、改良条件に応じて各層厚の割合を適切に評価することが重要となる。

3. 現場施工事例との比較

本研究ではこれまで、改良地盤の沈下量を一次元でモデル化した沈下量推定方法を提案している³⁾。図3にその概要を示す。提案方法を用いれば改良条件に応じて等価基礎と圧密沈下対象層の各層厚の割合を適切に評価できる。沈下量推定方法の現場スケールでの適用性を確認するために、動態観測結果との比較を行った。盛土および軟弱地盤の単位体積重量は、 $\gamma=19.0(\text{kN/m}^3)$ 、軟弱地盤の圧縮指数および間隙比は、それぞれ $C_c=0.60$ 、 $e_0=1.80$ であった。改良地盤の沈下計算に使用したパラメータを表1に示す。



施工事例①



施工事例②

図1. 施工事例の概要

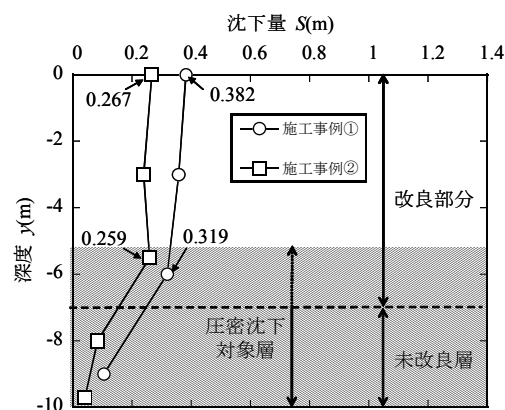


図2. 盛土中心直下における深度方向の沈下量分布

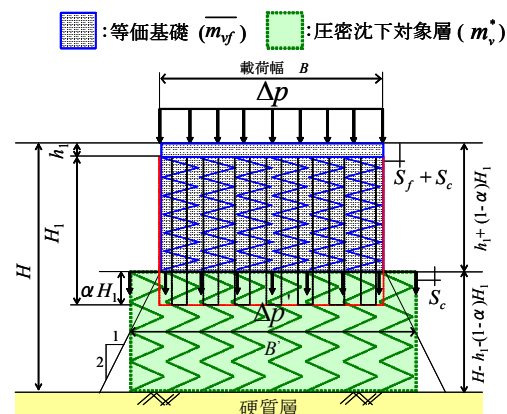


図3. 沈下量推定方法の概念図

深層改良体長 H_1 に占める圧密沈下が卓越する層厚の割合を等価換算係数 α と定義すると、提案方法を用いて、改良率 a_p や改良深さ H_1 などの改良条件に応じた α を算定できる. 図 4 に現場スケールで計算した等価換算係数 α と改良条件との関係を示す. α を用いれば、改良条件に応じた等価基礎と圧密沈下対象層の各層厚の割合を決定できる.

圧密沈下対象層の体積圧縮係数 m_v^* は、圧密沈下対象層中心深さの有効土被り圧 p_0 と圧縮指数 C_c との関係から決定し、深さ方向に圧縮性が一様と仮定する. 等価基礎部の平均的な体積圧縮係数 $\overline{m_{vf}}$ は、平均化手法の考え方を用いて算定する³⁾.

沈下量推定方法は、荷重条件を改良地盤に一樣等分布荷重が作用する条件でモデル化しているため、実盛土のような台形荷重が作用した場合は異なる. ここでは、盛土の全荷重が、盛土幅全面に一樣に載荷されると仮定して、載荷荷重 Δp を換算した. 圧密沈下対象層では、載荷荷重 Δp 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し、圧密沈下対象層中心深さでの荷重分散幅 B' に一樣分散荷重 $\Delta p'$ が作用すると仮定して一次元圧密沈下量を計算する. 以上の地盤定数、各層厚、荷重条件を用いて等価基礎と圧密沈下対象層の沈下量 S_f , S_c は、以下の式で求まる.

$$S_f = \overline{m_{vf}} \{h_1 + (1-\alpha)H_1\} \Delta p \quad (1)$$

$$S_c = m_v^* \{H - h_1 - (1-\alpha)H_1\} \Delta p' \quad (2)$$

改良地盤の全沈下量 S は、式(1), (2)の合計として式(3)で表される.

$$S = S_f + S_c \quad (3)$$

図 5 および図 6 に各施工事例での実測結果と計算結果との比較を示す. 実測結果は沈下計により計測した各施工事例での盛土中心直下における深度方向の沈下量分布を表している. 計算結果は、改良地盤を等価基礎部と圧密沈下対象層の 2 層系の地盤に置き換えて沈下を計算している. 各層厚の圧縮性を、深さ方向に一定値を仮定しているため、改良地盤の沈下量は、各層厚で線形的に変化するモデルとなっている. 盛土荷重のような台形荷重を一樣等分布荷重に換算して計算しているため、各施工事例での計算結果と実測結果に差異はみられるものの、圧密沈下対象層厚の傾向などを概ね捉えることができている. このように提案した改良地盤の沈下量推定方法は、現場施工された実盛土直下の改良地盤の沈下量についても概ね評価することができる.

4. まとめ

浅層改良を併用した非着底型深層改良地盤の沈下量推定方法を提案し、現場施工事例との比較からその適用性を検証した. 推定方法は、圧密沈下対象層厚の傾向をよく捉えており、現場施工された実盛土直下の改良地盤の沈下量についても概ね評価することができる.

【参考文献】1) 石蔵良平, 落合英俊, 安福規之, 大嶺聖: 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, 第 62 回土木学会年次学術講演概要集, pp.755-756, 2007. 2) (財)土木研究センター: 有明海沿岸道路動態観測結果報告資料, 2003. 3) 石蔵良平, 落合英俊, 大嶺聖, 安福規之, 小林泰三: 浅層固化処理を併用した非着底型深層混合処理地盤の沈下量推定方法, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, pp.1101-1112, 2007.

表 1. 沈下計算に使用したパラメータ

	施工事例 ①	現場施工事例 ②
軟弱層厚 H (m)	9	9.7
浅層厚 h_1 (m)	1	3
改良体長 H_1 (m)	6	4
等価換算係数 α	0.32	0.6
等価基礎部層厚 $h_1 + (1-\alpha)H_1$ (m)	4.9	4.6
圧密沈下対象層厚 $H - h_1 - (1-\alpha)H_1$ (m)	4.1	5.1
深層改良体の体積圧縮係数 m_{vs} (m^2/kN)	2.00E-05	2.00E-05
圧密沈下対象層中心土被り圧 p_0 (kPa)	124.2	125.1
軟弱地盤の体積圧縮係数 m_v^* (m^2/kN)	7.50E-04	7.45E-04
等価基礎の体積圧縮係数 $\overline{m_{vf}}$ (m^2/kN)	8.62E-05	2.00E-04
換算載荷荷重 Δp (kPa)	95.5	102.6
分散荷重 $\Delta p'$ (kPa)	86.8	91.8
等価基礎部の推定沈下量 S_f (m)	0.048	0.043
圧密沈下対象層の推定沈下量 S_c (m)	0.29	0.32
推定沈下量 S (m)	0.338	0.363
実測沈下量 S (m)	0.382	0.264

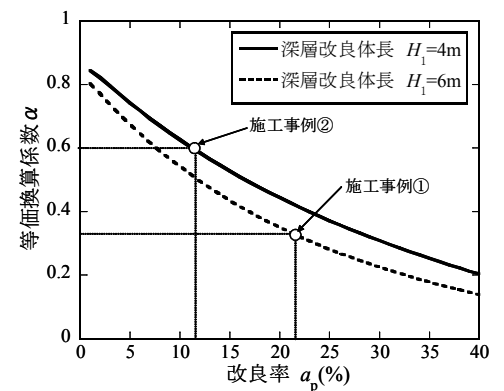


図 4. 現場スケールでの等価換算係数

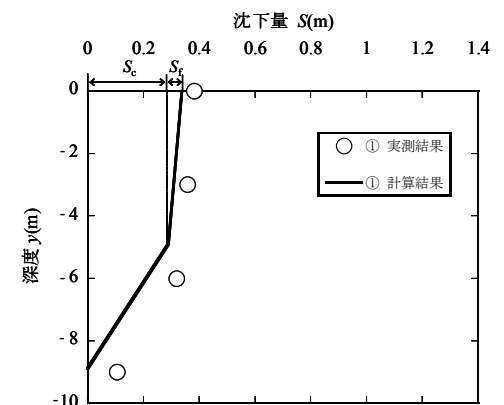


図 5. 実測結果と計算結果の比較①

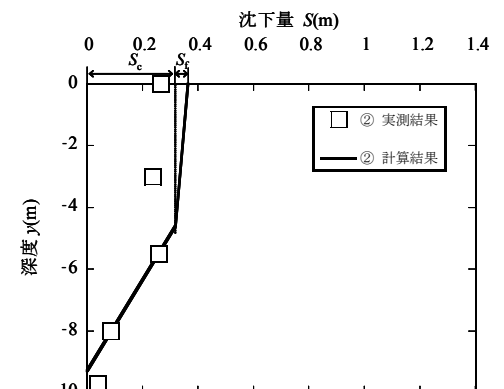


図 6. 実測結果と計算結果の比較②