

浮式地盤改良工法の沈下量推定方法に関する提案について

独立行政法人土木研究所 正会員 ○堤 祥一
正会員 島崎 修
正会員 大下 武志

1. はじめに

近年、土地利用上の制約から地盤条件の悪い場所での建設工事が増加してきており、軟弱な地盤上に構造物を構築する事例が増えてきている。構造物基礎としての浮式の深層混合処理工法は、コストを低減できる工法として注目されているが、改良効果や沈下量については厳密には解明されていない。土木研究所では平成14年から4年間、各種遠心載荷実験を行ない、浮式地盤改良の設計方法の検討を行ってきた。ここでは、研究の成果として浮式地盤改良の沈下量推定式に関する提案を行なう。

2. 沈下量推定式

2-1. 沈下量推定式の方針

まず、浮式地盤改良における沈下量推定の方針を図1に示す。浮式地盤改良の沈下量 S は、改良部の沈下量 S_1 と未改良部の沈下量 S_2 の合計値として定義し、 S_2 は改良長の3分の1の長さから2:1の分散角で拡散した荷重が未改良部の圧密に作用する形で定義した。（現在の道路橋示方書における既存式¹⁾）。 S_1 については、過去の実験結果から新に提案する式により沈下量の算出を行なった。

2-2. 改良部の沈下量

沈下量の試算で重要なパラメータとして、改良部の地盤が受ける応力 σ_c と、改良杭に作用する応力 σ_p の比 $n (= \sigma_p / \sigma_c)$ があり、改良部の沈下量を試算では、まずこの値を設定する必要がある。本研究では、直接計測を試みたものの、正確な値を計測することが出来なかった。従来型の支持層貫入の地盤改良では、改良杭と原地盤との剛性比 $(m_{v地}/m_{v杭})$ を想定される応力分担比 n と見なし、 n は10~20の範囲²⁾を取るのが一般的である。剛性比=応力分担比と見るには、改良杭が十分な反力を有し、杭間の未改良地盤が一致して沈下することが前提となっている。しかしながら、浮式地盤改良では、改良杭が十分な反力を得られず、杭間の未改良地盤部にも応力が作用し、圧密沈下が生じる様子を実験により確認することが出来た。そのため想定される応力分担比 n は、若干落した範囲(6~12)を想定して、沈下量の算出を行なった。改良部の沈下量は、地盤部の沈下量 $S_{1地}$ と改良杭部の沈下量 $S_{1杭}$ をそれぞれ求め、改良率で合成したものを、改良部全体の沈下量 S_1 とした。改良部の沈下モデルは、地盤の m_v （平均化したもの）と改良部の m_v （改良杭底面部）から個別に沈下量を求める形とし、算出の手順は m_v の平均部の体積圧縮係数（以後 $m_{v地}$ とする）と杭底面部の $m_{v杭}$ を圧密試験結果（ p - m_v の関係）より求め、その逆数を変形係数 E_c 、 E_p

キーワード：浮式地盤改良、沈下量推定、遠心実験、

支持力に関する設計

（改良深さ：地盤支持力>分散後の載荷重）

円弧すべりに関する設計

（既存式（スウェーデン法）による検討）

沈下量の推定

（本研究において提案...H15、17年度実施）

側方変位の検討

（影響の検討 *定性的に検討...H16年度実施）

不等沈下の検討

（適切な改良率の検討...H17年度実施）

図1 浮式地盤改良工法の設計の流れ

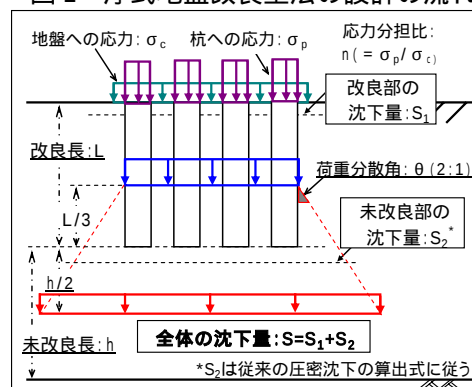


図2 浮式改良地盤の沈下量算出の方針

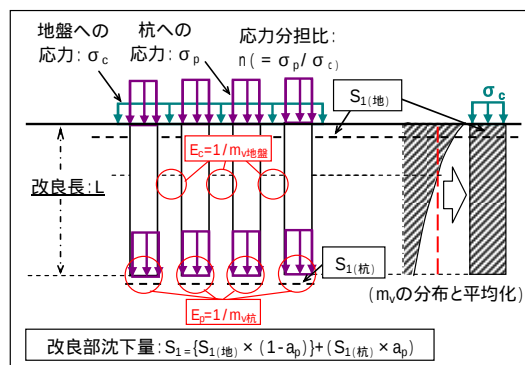


図3 改良部の沈下量の算出の方針

〔計算手順 (m_v , E_c の導出)〕

m_v (体積圧縮係数) := 圧密試験より
圧密試験の結果 (近似式)、
($m_v = 0.0735 \times p^{-0.9283}$)

P (圧密応力):
= $\sigma_{o地}$ (m_v の平均部の先行荷重)
→ (改良部の地盤の m_v)
= $\sigma_{o杭}$ (杭底面部の先行荷重)
→ (改良部の改良杭の m_v)

E_c (変形係数-地盤部): = $1/m_{v(地盤)}$

E_p (変形係数-改良杭部): = $1/m_{v(杭)}$

図5 沈下量推定式の算出フロー（その1）

とする。次に 即時沈下に関する既存式による方法により、地盤部の沈下量、改良杭部の沈下量を個別に求め、改良率で合成することにより全体の沈下量として算出した。図3～5に概念図と算出のフローを示す。

3. 実験値との比較結果

3-1. 改良部の沈下量の比較

平成17年度の遠心載荷実験をモデルとして、設計値と実験値との比較を行なった。改良部の沈下量の比較結果を表1に、未改良部の比較結果を表2に示す。これより、言えることを以下にまとめる。

応力分担比の影響は改良率が大きいほど小さくなる傾向にある事が分かった。

実験値との差は、載荷重が大きいケース(地盤の破壊が見られた、138.5 kPa-15%のケースは除く)は約5cm程度の差となり、載荷重が小さいケースは約5～10cm程度の差であった。これより、概ねの沈下量を推定することができた。

応力分担比による影響については、算出値、実験値ともに55、30%の

改良範囲では小さい範囲に留まった。

他に m_v の合成による方法、 σ/E の合成によるモデルなどで試算も行なったが、載荷幅を考慮して、個別に求めた沈下量を合成する方法が、実験結果に近い値となった。

3-2. 未改良部の沈下量の比較

未改良部の沈下量は、道路橋示方書で示されている改良長の1/3から荷重分散(θは一般に30°)する方法に従って試算を行ない、実験での圧密沈下量との比較を行なった。これより、未改良部の圧密沈下量に関しては、実験値に近い値を取ることが確認できた。

4. その他の検討事項について

浮式地盤改良の設計における他の必要項目(図1、～、を除く)について、は、既存式による検討方法(：改良底部のテルツァーギー支持力>分散後の載荷重値、：スウェーデン式)により設計が可能であること。は、適切な改良率の確保と杭間距離を確保することで対処可能であること。は、適切な改良率を確保(実施した実験では30%以上)することで対処できることを確認することができた。

5. まとめ

今回の研究から得た結果を以下にまとめる。

- ・浮式地盤改良の沈下量推定式を提案し、その有効性を実験値との比較により検討することができた。
- ・実験により、浮式地盤改良工法の設計における検討を行ない、既存方法の有効性と設計の範囲を明らかにできた。

《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会、道路橋示方書・同解説(下部構造編)、平成14年3月、p371
- 2) (財)土木研究センター、陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル改訂版、平成16年3月、p85～86
- 3) (社)日本道路協会、道路土工・軟弱地盤対策工指針、昭和61年11月、p61

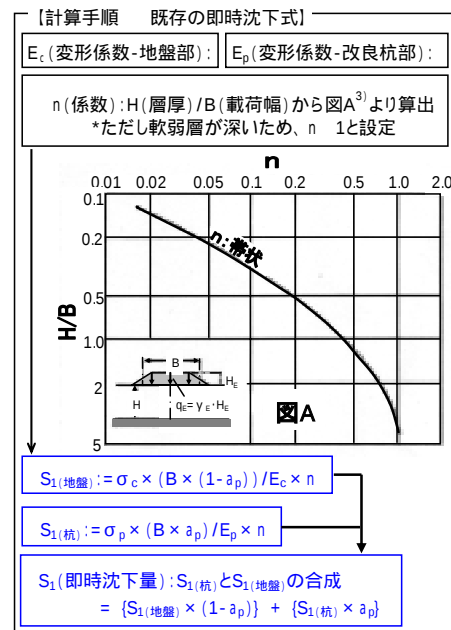


図5 沈下量推定式の算出フロー(その2)

表1 設計値と実験値との比較(改良部)

想定上載荷重 ¹⁾ P (kPa)	改良率 a_p (%)	応力分担比 n (σ_p / σ_c)	改良部沈下量 S_1 (m) (既存式) (実験値)	実験値との差 (m) (既存式)
138.5	15	12	0.24	0.27
		10	0.26	0.25
		8	0.29	0.22
		6	0.33	0.18
	30	12	0.19	0.06
		10	0.20	0.05
		8	0.22	0.03
		6	0.24	0.01
	55	12	0.25	0.02
		10	0.25	0.02
		8	0.25	0.02
		6	0.25	0.03
46.1	15	12	0.08	0.09
		10	0.09	0.08
		8	0.10	0.07
		6	0.11	0.06
	30	12	0.06	0.10
		10	0.07	0.09
		8	0.07	0.09
		6	0.08	0.08
	55	12	0.08	-
		10	0.08	-
		8	0.08	-
		6	0.08	-

*1 前後部の平均荷重値(H17年度の実験実験)

表2 設計値と実験値との比較(未改良部)

試験ケース	改良率 a_p (%)	圧密係数 C_c	初期間隙比 ¹⁾ e_0	未改良部深さ h (m)	改良杭底部先行荷重 p_a (tf/m ²)	改良杭底部増加荷重 p (tf/m ²)	未改良部の沈下量 ²⁾ S_v (m)
ケース1	15	0.52	1.62	7.5	10.77	1.92	0.15
ケース2	30	0.52	1.62	7.5	10.77	1.92	0.15
ケース3	55	0.52	1.62	7.5	10.77	1.92	0.15

*1 $e = -0.2668 \ln(P_0) + 2.2551$ (圧密試験結果) *2 $S_v = (h + L/3) \times C_c / ((1 + e_0) \times \log_{10}(P_0 + p) / P_0)$

*4 その他入力事項 ... 先行荷重(地盤) : $p_a = 4.068$ (tf/m²) < 圧密応力> 地表面載荷重 : $p_1 = 9.41$ (tf/m²) < 実験の平均荷重>

実験ケース (実験の種類)	改良率 a_p (%)	未改良部の沈下量 ²⁾ S_v (m)
改良率(低)	15	0.18
等分布載荷(低改良)		0.14
基本系	30	0.13
等分布載荷(通常)		0.17
改良率(高)	55	0.15