

粘土地盤浅層改良の仕様が支持力に及ぼす影響

東京理科大学 フェロー ○菊池喜昭

元東京理科大学大学院 足立大樹

元東京理科大学 中野俊之介

中電技術コンサルタント株式会社

平尾隆行

竹本誠

道財健斗

1. はじめに

港湾における埋立地では、環境的・経済的背景から浚渫土砂による埋立てが行われている。こうした地盤では軟弱であることや、地震時に岸壁構造物が移動するとその後背地盤も変形することなどが課題となる。このような地盤の開発には地耐力の向上が不可欠であり、その手法の一つに浅層改良がある。これは地表面付近に設けた改良体により荷重を分散させることで、下部軟弱地盤の許容支持力度以下まで荷重を小さくする方法である。しかし、荷重分散の様子や二層地盤の支持力問題には不明な点が多く存在する。

そこで本研究では、粘土地盤表層に設けたセメント固化処理改良体の寸法や、粘土地盤と改良体のせん断強度比を変化させて静的に载荷試験を行うことで、改良体の仕様が支持力に及ぼす影響について検討した。また、有限要素解析を行うことで载荷中の改良体による荷重分散の様子についても検討した。

2. 実験概要

粘土地盤の作製には青粘土($\rho_s=2.75\text{Mg/m}^3$, $w_L=41.3\%$, $w_p=24.8\%$)を用いた。これを含水比 80%のスラリー状に調整し直径 150mm の円筒型の土槽に投入した後、一次元圧密をした。本実験では圧密圧力 σ_c を 100, 30kN/m²の2種類とした。圧密後の粘土地盤は層厚約 120mm, 非排水せん断強さ c_u は $\sigma_c=30\text{kN/m}^2$ の時 $c_u=11\text{kN/m}^2$, $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ の時 $c_u=25\text{kN/m}^2$ であった。圧密終了後、地表面中央部に改良体と同じ寸法の穴を掘り、スラリー状の改良体を流し込み7日間養生することで改良体を作製した。改良体は青粘土と普通ポルトランドセメントを混合したものである。改良体の作製条件は直径 $D=60, 90\text{mm}$, 深さ $L=30, 50\text{mm}$, 非排水せん断強さ $c_{ui}=50, 100, 250\text{kN/m}^2$ である。なお $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ の場合に限り、 $D=70, 80\text{mm}(L=30, 50\text{mm}, c_{ui}=250\text{kN/m}^2)$ のケースや、 $w/c=45\%$ のセメントペーストで改良体を作製したケース(セメント剛体と呼ぶ)についても実験を行った。養生終了後、浅い基礎を模した直径 30mm の金属杭を用い、载荷速度 2mm/min で 30mm まで载荷した。試験ではロードセルで LC 荷重を、接触型変位計で基礎沈下量を測定した。

3. 実験結果

図 2(a), (b)にそれぞれ $\sigma_c=100, 30\text{kN/m}^2$ における LC 荷重—基礎沈下

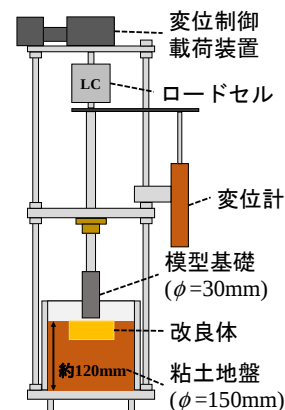


図 1 载荷試験装置

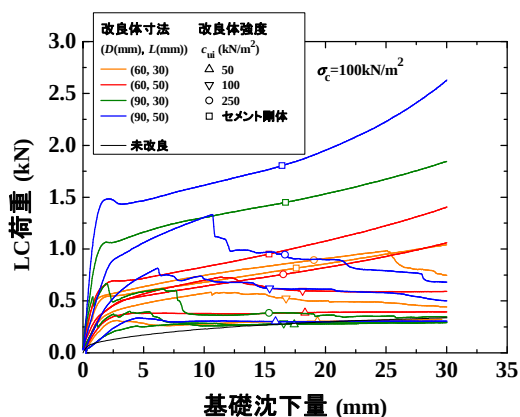
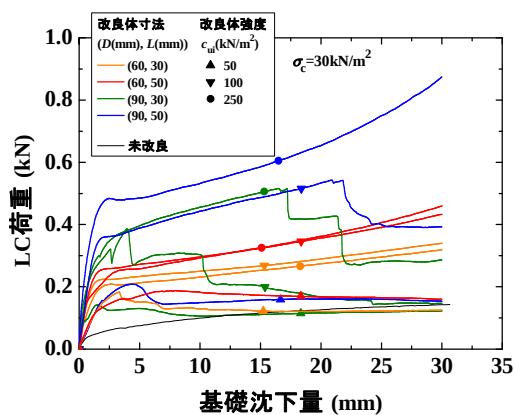
(a) $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ (b) $\sigma_c=30\text{kN/m}^2$

図 2 LC 荷重—基礎沈下量関係

キーワード 浅い基礎 支持力 粘性土

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

東京理科大学 理工学部 土木工学科 地盤工学研究室 TEL04-7124-1501(内線 4074)

下量の関係を示す。既往の研究より、粘土地盤浅層に設けた改良体は D, L, c_{ui} の組み合わせにより改良体が破壊することなく沈下するもの(破壊モード①), 改良体が曲げ破壊するもの(破壊モード②), 改良体がパンチング破壊するもの(破壊モード③)の異なる3つの破壊モードを示すことが分かっている。図2(a), (b)より、例えば $(D, L, c_{ui})=(90, 50, 250)$ のケースに注目すると、 $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ では基礎沈下量10mm付近で改良体が破壊しLC荷重が急激に低下する破壊モード②を示したのに対し、 $\sigma_c=30\text{kN/m}^2$ では基礎沈下量の増加に伴いLC荷重も増加し続ける破壊モード①を示しており、粘土地盤のせん断強度の違いにより異なる破壊モードを示すことが分かる。本実験ケースについて各破壊モードの発生条件を調べるために、図3に形状比 D/L とせん断強度比 c_{ui}/c_u と破壊モードの関係を示す。ここで改良体がセメント剛体のケースについては $c_{ui}=25000\text{kN/m}^2$ と仮定している。これより、 c_{ui}/c_u が小さい領域では D/L によらず破壊モード③を示すが、 c_{ui}/c_u が大きくなるにつれ D/L の大きい領域から順に破壊モード②, ①へと推移することが分かる。このことから、改良体の破壊モードは D/L と c_{ui}/c_u に依存する傾向にあると言える。

こうした破壊モードの違いが生じる要因を検討するために、載荷時の改良体による荷重分散効果を明らかにすることを目的として有限要素法解析を行った。表1に解析に用いた物性値を示す。解析は $\sigma_c=100\text{kN/m}^2$ の場合を対象とし、改良体条件は $D=60, 90\text{mm}, L=30, 50\text{mm}, c_{ui}=250\text{kN/m}^2$ およびセメント剛体とした。図4(a), (b)にそれぞれ破壊モード①を示した $(D, L, c_{ui})=(90, 30, \text{セメント剛体})$ のケースおよび破壊モード②を示した $(90, 30, 250)$ のケースについて、基礎沈下量1mm時の土槽中央鉛直断面における地盤内有効鉛直応力 σ_{zz} の分布を示す。粘土地盤内の σ_{zz} に注目すると、図4(a)より、改良体が剛な場合では改良体底面外縁で σ_{zz} が最も大きな値を示している。一方で図4(b)より改良体が剛でない場合では、改良体底面中央で σ_{zz} が最も大きい値を示している。これは改良体にたわみが生じたためであり、このような改良体の変状に起因する荷重分散の様子の違いにより、異なる破壊モードが観測されたと考えられる。

4. まとめ

粘土地盤表層に設けたセメント固化処理改良体について、その使用が支持力へ及ぼす影響について検討した。その結果、改良体の仕様の違いにより3つの異なる破壊モードが観察され、出現する破壊モードの種類は形状比とせん断強度比に依存する傾向にあることが分かった。また、有限要素法解析の結果から改良体が剛な場合には改良体底面外縁で荷重が最大になるが、剛でない場合は改良体底面中央で荷重が最大を示した。

【参考文献】

1) 足立大樹, 菊池喜昭, 野田翔兵, Kwon Minho, 平尾隆行, 竹本誠, 道財健斗: 粘性土地盤表層に設けた改良体の寸法と強度が浅い基礎の支持力に及ぼす影響, 第57回地盤工学研究発表会, 20-6-1-03, 2022.

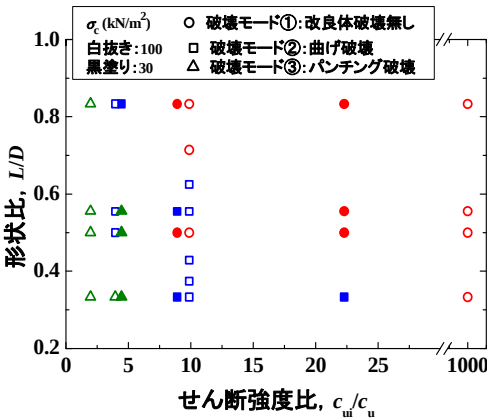
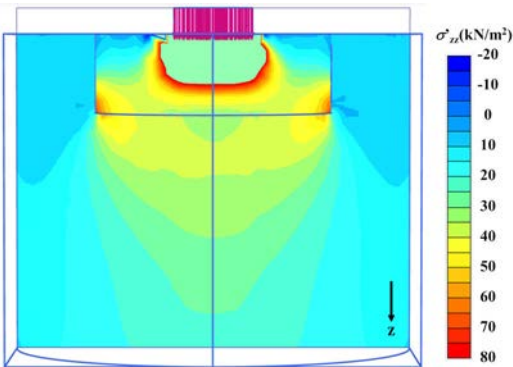


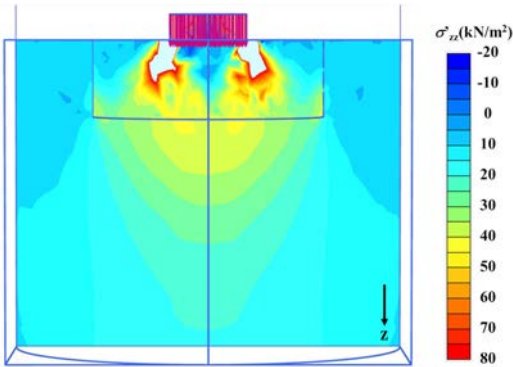
図3 D/L と c_{ui}/c_u と破壊モードの関係

表1 解析に用いた物性値

		粘土地盤	改良体① セメント剛体	改良体② $c_{ui}=250\text{kN/m}^2$
材料モデル		Mohr-Coulomb	線形弾性	Mohr-Coulomb
飽和単位体積重量	$\rho_{sat} (\text{kN/m}^3)$	18.7	24.0	16.7
間隙比	e	0.914	0.500	1.210
ヤング係数	$E (\text{kN/m}^2)$	1520	30×10^6	146×10^3
ポアソン比	ν	0.3	0.2	0.2
粘着力	$c (\text{kN/m}^2)$	25.3	—	250
内部摩擦角	$\phi (\text{deg.})$	0	—	0



(a) $(D, L, c_{ui})=(90, 30, \text{セメント剛体})$



(b) $(D, L, c_{ui})=(90, 30, 250)$

図4 地盤内有効鉛直応力分布