

1. はじめに

我が国やアジア諸国には軟弱地盤が広く分布する地域が存在する．軟弱地盤層が厚い場合は，施工機械の改良深度限界や経済性，環境への配慮の観点から，支持層に改良体を到達させない非着底地盤改良技術開発が期待されている．本研究では，厚い軟弱地盤層に非着底型地盤改良を適用した場合の圧密沈下予測モデルを提案することを目指し，実際に非着底地盤改良に用いられるセメント固化処理土を改良体として用いた際の改良地盤内の圧密挙動を明らかにすることを目的とする．セメント固化処理土を改良体として使用した平面ひずみ载荷模型実験を実施し，改良体が模型地盤の圧密沈下挙動に及ぼす影響を観察した．

2. 実験概要

平面ひずみ载荷模型装置の概略図を図 1 に示す．模型地盤に载荷板を介して载荷を行い，その際の圧密沈下量の経時変化を，変位計を用いて計測する．改良体にアルミ板を用いる場合は改良体先端に作用する荷重と改良体全体に作用する荷重をそれぞれ計測でき，先端に作用する荷重と周面に作用する荷重が測定可能である．今回の模型実験では，改良体を挿入しない無改良ケース

(Case1)とセメント固化処理土を改良体として用いるケース (Case2)の 2 ケースを行い，セメント固化処理土を改良体として用いた場合の沈下抑制効果を確認する．セメント固化処理土は模型地盤に用いるカオリン粘土と高炉セメント B 種を用いて作製した．図 2 にモデル改良体の表面粗さの計測結果を示す．アルミ板を用いたモデル改良体とセメント固化処理土を用いたモデル改良体の表面粗さはアルミ板の算術平均粗さ $Ra=1.092\mu\text{m}$ ，最大表面粗さ $Ry=6.762\mu\text{m}$ に対し，セメント固化処理土は $Ra=2.349\mu\text{m}$ ， $Ry=16.698\mu\text{m}$ となっており，どちらの値も 2 倍以上大きな値を示した．

模型地盤には含水比 $w=80\%$ のカオリン粘土を使用し，アクリル容器内面にはテフロンシートおよびシリコングリスを塗布した上にメンブレンを貼り付けることで容器と粘土の間の摩擦を低減した．また $\sigma=20\text{kPa}$ で予圧密を行うことで予圧密終了時に模型地盤高さ H が 27cm 程度となるようにカオリン粘土を充填した．予圧密終了後，改良体を模型地盤に挿入し， $\sigma=20\text{kPa}$ で再度予圧密を行った後，段階的に $\sigma=40\text{kPa}$ ， 80kPa で载荷を行った．

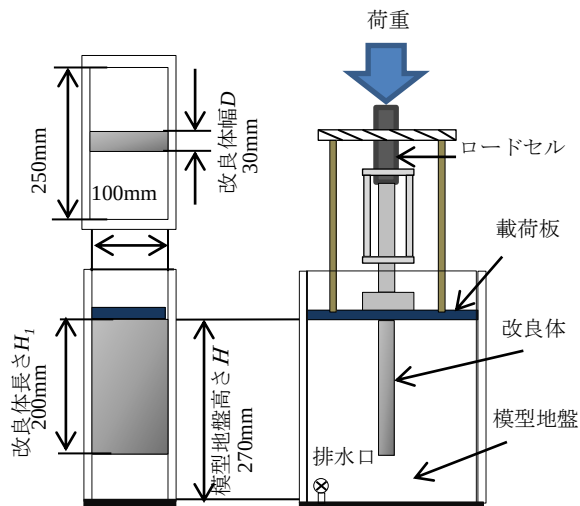


図1 平面ひずみ载荷模型装置概略図

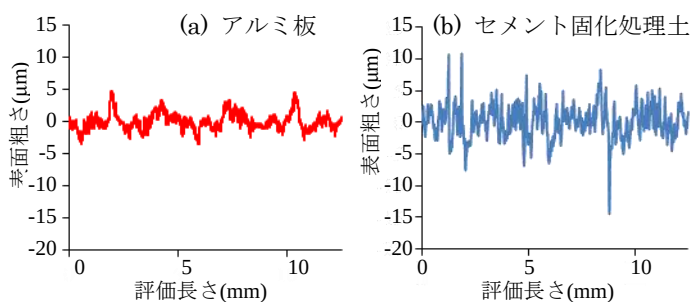


図2 モデル改良体表面粗さ

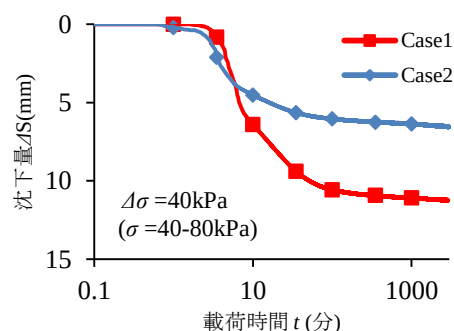


図3 圧密沈下量の経時変化

3. 実験結果

図3に、載荷圧力 $\Delta\sigma = 40\text{kPa}$ における圧密沈下量の経時変化を示す。Case2の方が沈下量を小さく抑えられており、 $\Delta\sigma = 20\text{kPa}$ の条件においても同じ傾向が示された。

正規化圧密沈下量 $\Delta S/\Delta S_0$ を、各載荷段階のCase2での沈下量 ΔS を同じ載荷段階におけるCase1での沈下量 ΔS_0 で正規化した値として定義し、載荷段階との関係を図4に示した。今回の実験では、荷重差が大きい $\Delta\sigma = 40\text{kPa}$ の段階で $\Delta S/\Delta S_0$ は小さく出ており、沈下抑制効果が $\Delta\sigma = 20\text{kPa}$ の段階と比べて大きくなった。載荷する圧力差 $\Delta\sigma$ が増加すると沈下量が増加し改良体と粘土における相対変位が大きくなる。そのため、改良体—粘土間の周面抵抗が大きくなることによりCase2の沈下が抑制されたと推測される。

$\sigma = 80\text{kPa}$ 載荷終了後の、改良体近傍における模型地盤の深さと含水比の関係を図5に示す。測定点はCase2においては改良体に隣接する位置での載荷板からの深さ $h=40\text{mm}$, 120mm , 200mm , 230mm , 260mm の点である。Case1においても同じ位置を測定した。Case2においては改良体直下の含水比も測定した。Case1では深さ方向にほぼ様な含水比分布であったが、Case2では、含水比は改良体が荷重を受けもつ改良部は高い含水比を示し、未改良部では低い値を示すことが確認できた。また、改良体直下は改良体先端から直接荷重が作用するため極めて低い含水比を示した。これは、荷重がより大きく作用して発生した過剰間隙水圧が消散したことが原因と考えられる。

Case2における画像解析の結果を図6に示す。鉛直方向ひずみは荷重が集中する改良体直下で大きく生じている。また、改良体の周面においては、載荷板に接する改良体上部よりも改良体下部で鉛直方向ひずみが大きく生じた。この原因としては、改良体周面において、改良体上部よりも下部に周面摩擦力が大きく作用していることが考えられる。

4. まとめ

セメント固化処理土を改良体に用いた模型地盤は無改良地盤と比較して圧密沈下が抑制されることを確認した。改良ケース(Case2)では、無改良ケース(Case1)と比較して、試験終了時の改良部の含水比が高くなっており、圧密沈下が抑制されたものと考えられる。改良体直下においては低い含水比を示しており、大きな圧密沈下が発生した。また、画像解析による鉛直ひずみ分布についても同様の傾向が示された。今後の課題として、改良地盤圧密時の改良体への荷重伝達メカニズムについて検討する必要がある。

【謝辞】本研究の一部は、科学研究費補助金(課題番号 15K18114)の支援を得て実施したものである。ここに記して謝意を表します。また、研究を行う上でご指導頂いたハザリカ・ヘマンタ教授、実験装置の作製等においては中島通夫技術協力スタッフに対してここに記して厚く謝意を表します。

【参考文献】1)石蔵良平, 落合英俊他: 浅層改良を併用した非着底型深層混合処理地盤の沈下推定方法, 土木学会論文集 C Vol.63 No.4 pp. 1101-1112, 2007. 12

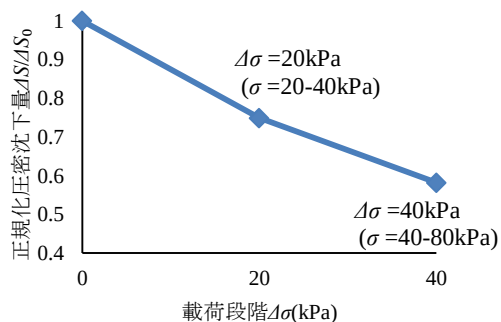


図4 正規化圧密沈下量—載荷圧力関係

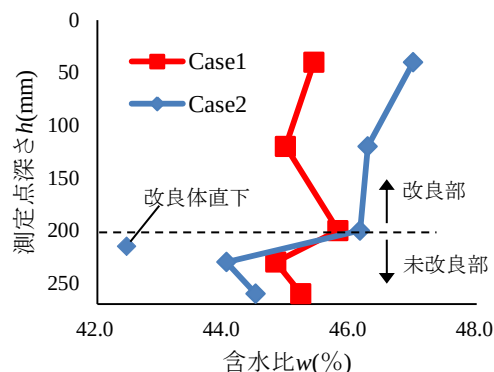


図5 試験終了後の含水比分布

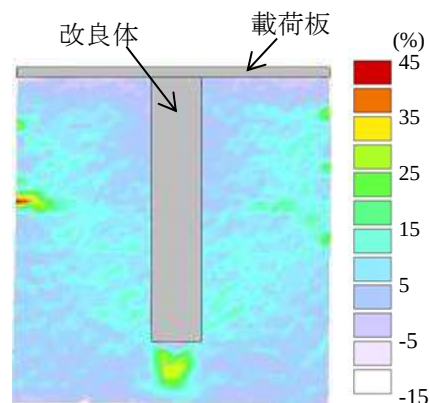


図6 模型地盤内の鉛直方向ひずみ分布 (Case2: $\sigma = 0-80\text{kPa}$)