可塑性ゲル地盤改良材の強度と変形特性

清水建設(株) 正会員 ○天利実 社本康広 フェロー 風間広志
強化土エンジニアリング(株) 正会員 小山忠雄

1. はじめに

砂地盤の密実化をはかるための工法として従来は、サンドコンパクションパイル工法、ロッドコンパクション工法などのように杭状のものを地盤に挿入する以外に方法がなかった。しかしながら最近報告さている可塑性ゲルを地盤に挿入し固形化する手法[1)]のように、改良形状を杭以外の形状にすることが可能な改良工法も提案されている。この工法を用いた場合の周辺地盤の改良効果の評価方法については、筆者らが既に提案している[2)]が、実際の建築・土木構造物へ適用しようとすると、固化した可塑性ゲルの性質と改良体と地盤の複合体全体の強度・変形特性の評価が必要になる。本報告では、固化した可塑性ゲルの要素試験を行い強度変形特性を明らかにした上で、複合地盤としての変形挙動を評価するための方法を提案した。

2. 試料および土質試験

試験に用いた可塑性ゲル改良供試体は、フライアッシュ(170kg)、硬化発現材(40kg)、添加剤(3kg)、水(95.9ℓ)の割合で混合したものを、加圧可能なモールドに入れ、0、50、100、150、200kPaの圧力で加圧し、固化後脱形し、28 日養生したものを用いた(文献3参照)。加圧過程で脱水するため、加圧する圧力(＝抽出圧)が大きくなるほど密度が高くなる傾向がある。

試験は、有効拘束圧 30、50、100kPa で非圧密非排水試験圧縮試験を行った。

3. 要素試験結果と分析

図1は、抽出圧と固化後の供試体の乾燥密度の関係を示した物である。抽出圧が大きいほど、乾燥密度が大きくなる傾向があるが、抽出圧を全く与えない場合に比べ、50kPa の抽出圧を与えた場合でも密度増加の効果は大きい。

図2は、今回実施した試験より得られた可塑性ゲル供試体の典型的な軸差応力と軸ひずみの関係を示したものである。図1から明らかなように、可塑性ゲルの固化供試体は、試験装置上の問題で生じる初期段階の乱れを除くと、強度の 60～70%程度までは軸ひずみに比例して軸応力が増加し、線形関係がある。強度は、軸ひずみが 1.5～2.0%で生じ、その後軸応力が急激に低下する、モルタルやコンクリートと似た挙動をすることが分かる。

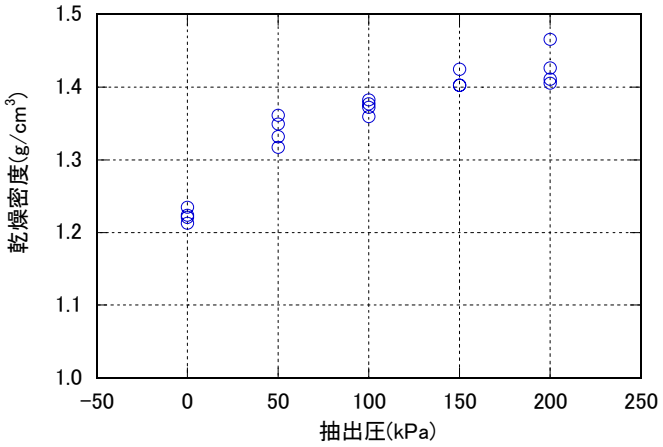

図1 抽出圧と固化後の供試体の乾燥密度の関係

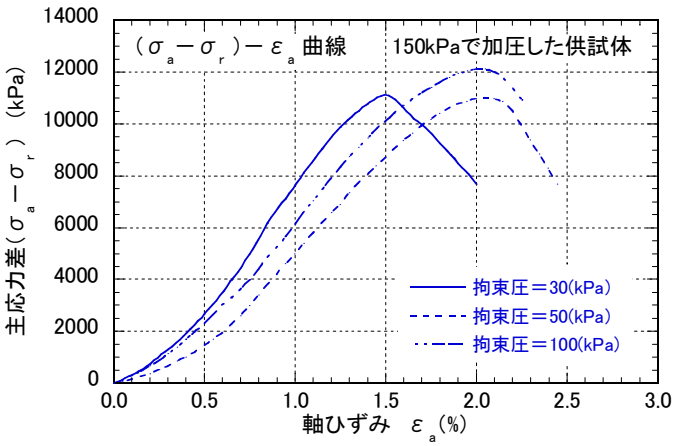

図2 可塑性ゲル供試体の典型的な軸差応力と軸ひずみの関係

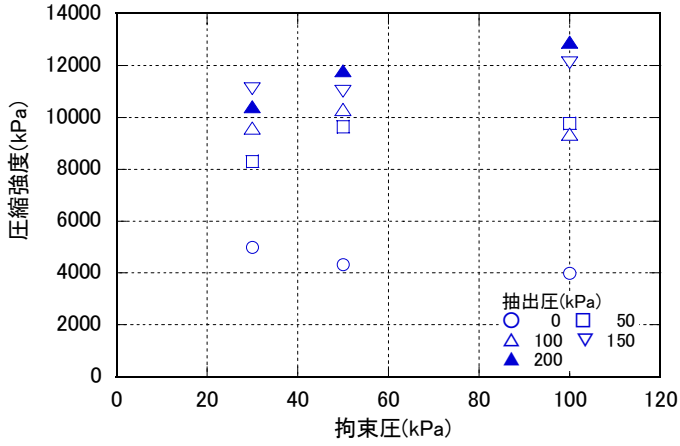

図3 抽出圧力の異なる供試体の圧縮強度と拘束圧の関係

キーワード 可塑性ゲル，地盤改良，変形特性

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL03-3820-8269

図3は、抽出圧力の異なる供試体について圧縮強度と拘束圧の関係を示したものである。抽出圧が大きい程、圧縮強度は増加するが、今回試験を行った拘束圧 100kPa 以下では拘束圧の変化に対する強度の変化は顕著でない。図4は図3に示した供試体の圧縮強度の 50%の軸応力に対する剛性 E_{50} と拘束圧の関係を示したものである。E_{50} は圧縮強度と同様に、抽出圧が大きい程大きくなるが、拘束圧に対する影響は小さい。

図5は、図3に示した供試体について乾燥密度と圧縮強度の関係を示したものである。供試体の抽出圧力や拘束圧の違いによらず両者の関係は良く対応しており、抽出圧の違いによる固化した可塑性ゲル改良体の密度管理を行うことで、改良体の強度を管理することができる。図6は、E_{50} と圧縮強度を比較したものである。E_{50} と圧縮強度の関係はばらつきはあるがほぼ直線関係があり、圧縮強度と同様に、抽出圧力の違いによる固化した可塑性ゲル改良体の密度管理を行うことで、改良体の剛性の管理が可能である。

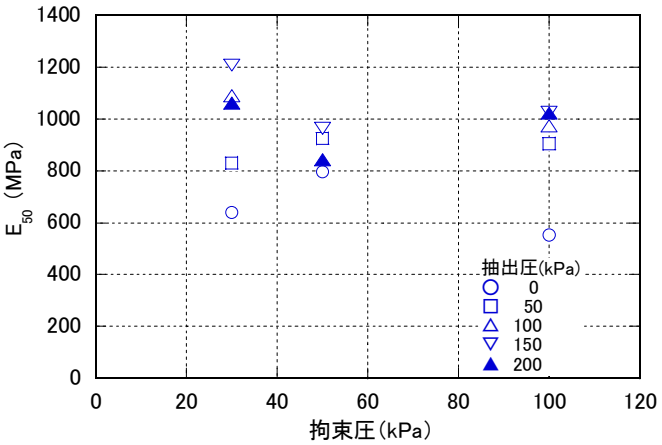

図4 E_{50}と拘束圧の関係

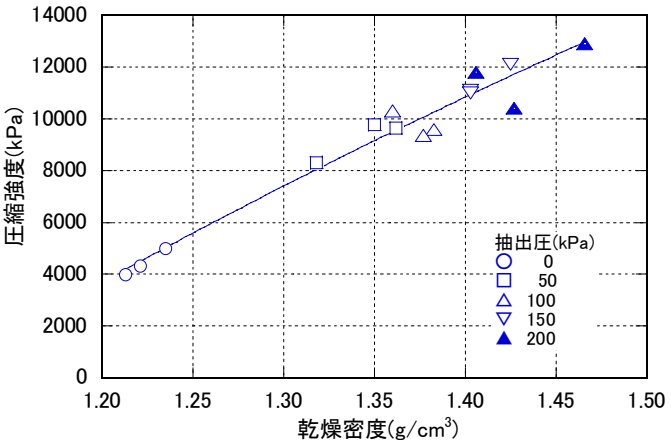

図5 乾燥密度と圧縮強度の関係

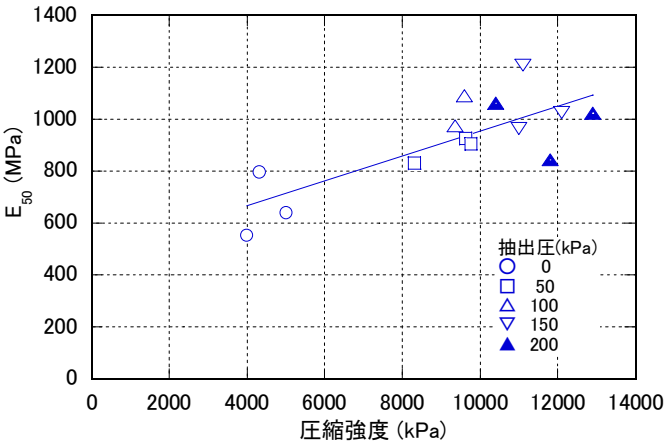

図6 E_{50}と圧縮強度の関係

4. 改良後の地盤と固化した改良体の複合地盤の変形特性

可塑性ゲルを用いた地盤改良工法は、文献2)で述べたように、サンドコンパクション工法などの地盤の密実化工法と異なり、柱状改良だけでなく、格子状の地盤改良も可能である。固化した可塑性ゲルと改良後の地盤を合わせた複合地盤の等価鉛直剛性は、それぞれの剛性を面積平均することで求まるが、等価水平せん断剛性は改良体の形状によって大きく異なり、面積平均から求めることはできない。

複合地盤の水平せん断剛性を求める簡便法は石川ら[4]が提案している。この方法も含め、可塑性ゲル状改良体を含む複合地盤の支持力、等価鉛直・水平せん断剛性を評価するためには下記のようにすれば良い。

1) 文献2)に示す方法から周辺地盤の N 値の増加を評価し、これに基づいて地盤の初期剛性を算定する。

2) 施工時の抽出圧力の管理値から図2から5を用いて E_{50} を求めるか、施工後に改良体の Vs 測定を行い可塑性ゲル改良体のせん断剛性を求める。

3) 地盤強度は、1) で求めた改良地盤の N 値に基づいて定める。複合地盤の等価鉛直剛性は、改良の地盤と固化した可塑性ゲル改良体の剛性を面積平均して求め、等価水平せん断剛性は地盤の文献4)に示された方法で改良の地盤と固化した可塑性ゲル改良体の剛性、改良率、改良形状(柱状、格子状など)から算定する。

〈参考文献〉

1) 小山、佐々木、島田、大場、井筒、栗崎、末政、木嶋(2006):可塑性ゲル圧入工法の～、第41回地盤工学研究発表会.

2) 社本(2007):ゲル状注入材による地盤改良効果の評価法、第42回地盤工学研究発表会.

3) 恒久グラウト協会:恒久グラウト注入工法-技術マニュアル、pp34-36.

4) 石川、浅香、社本(2007):均質化法を用いた部分地盤改良地盤の等価S波速度の簡易評価法、日本建築学会構造系論文報告集、No.613、Mar.、pp.67-72.