

高強度恒久グラウトによる液状化対策
— その2 部分改良工法の設計法 —

清水建設 正会員 ○石川 明, 天利 実
同上 社本 康広

1. はじめに

(その1) に示したように、複合活性シリカグラウト (以下、恒久グラウトと呼ぶ) による改良工法の特徴は、①セメント系地盤改良と同等以上の剛性、強度をもつ改良体を造れること。②浸透系の薬液注入工法のため、既存構造物下部の改良が可能であること、などである¹⁾。

(その2) では、このグラウトを用いた地盤改良とその設計例について示す。

2. 液状化対策

図1は、恒久グラウトによる既存構造物の液状化対策工法の事例を示したものである。「改良パターンA」は、恒久グラウトで構造物周辺、下部を格子状に改良したもので、「改良パターンB」は、外周部をコストの安いセメント系地盤改良で施工し、構造物下部のみを恒久グラウトで格子状に改良したものである。「改良パターンC」は、山留め壁の変形抑止工法でよく用いられているバットレス改良工法に類似した工法で、セメント系地盤改良による改良外周部に恒久シリカグラウトでバットレス状に改良するものである。いずれのパターンも剛性の高い改良体で内部地盤のせん断変形を抑止することにより、地盤の応答低減と液状化の防止を図るものである。

3. 対策工法の設計

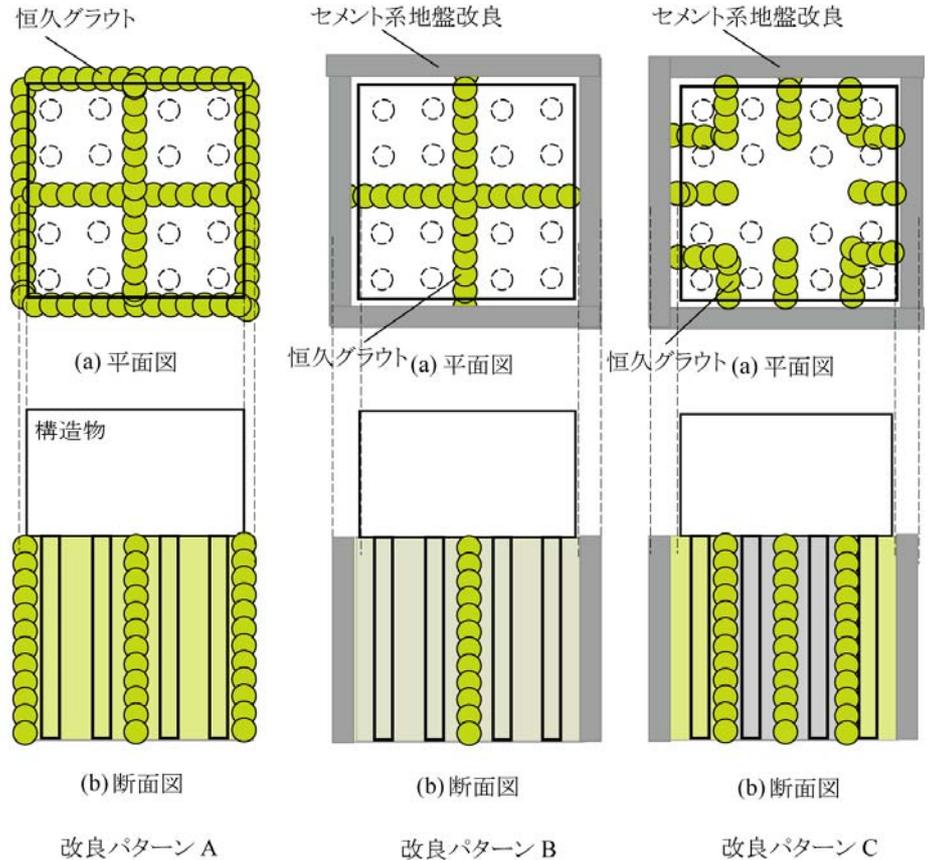
セメント系地盤改良を用いた格子状改良の設計法については、均質化手法を用いて計算した複合地盤と等価なせん断剛性 (せん断波速度) をもつ構造モデルによる簡便な評価法をすでに提案している²⁾。図1で提案した改良を行う場合も、同様な考え方で設計することが可能である。以下に、せん断波速度 $V_s=150$ m/s の砂質土層を $V_s=1000$ m/s (一軸圧縮強度 $q_u=4.0$ MN/m²) の恒久グラウト (図2) を用いて改良率15%の格子状改良をした設計例(図3)について示す。

複合地盤の等価な構造モデルと地震時の応答

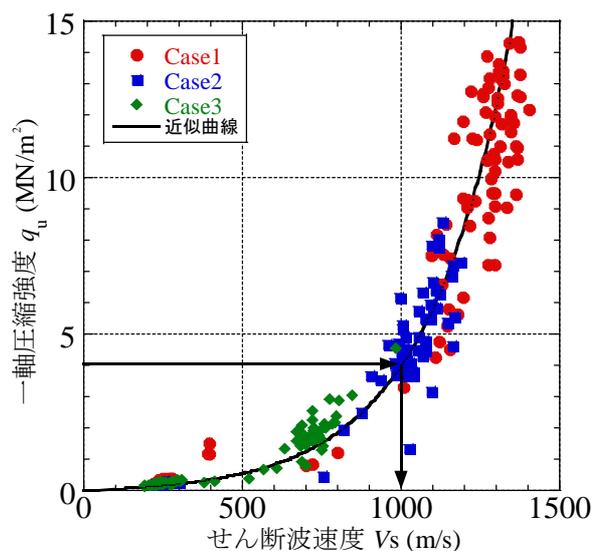
図4は格子状改良地盤の等価な構造モデルのせん断波速度 $V_{s,eq}$ を求める設計チャート²⁾を示したものである。縦軸は、その時点における地盤のせん断波速度 $V_{s,G}$ で正規化した改良地盤の $V_{s,eq}$ である。横軸は格子状改良の改良率 R である。改良率 R と改良体自体のせん断波速度 $V_{s,G}$ をチャートに代入すれば、 $V_{s,eq}$ は一意に求められる。

キーワード 地盤改良, 薬液注入, 液状化, 均質化法

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設技術研究所 TEL03-3820-8267



図—1 恒久グラウトによる液状化対策工法の概念図



図—2 設計例に用いるグラウトのせん断波速度¹⁾

地盤に作用する外力 τ_d は簡便には簡易液状化判定法³⁾で用いられる(1)式により求められる。

$$\frac{\tau_d}{\sigma_v} = 0.1 \times (M - 1) \times \frac{\alpha_{max}}{g} \times \frac{\sigma_v}{\sigma_v} \times (1 - 0.015 \times z) \quad (1)$$

ここに、 M : マグニチュード、 α_{max} : 未改良地盤での地表面最大加速度、 z : 深度(m)、 g : 重力加速度、 σ_v : 鉛直有効応力、 σ_v : 鉛直全応力である。

外力 τ_d をこの等価な構造モデルに作用させると、このモデルの初期せん断ひずみ γ_1 が求められる。この γ_1 に応じて、地盤のせん断剛性 G を低下させ(図5)、図4を用いて $V_{s,eq}$ を再度計算する。 γ_1 が一定値に収束するまで計算を繰り返す。

図6は、イタレーション回数と $V_{s,eq}$ の関係を示したものである(初期の地盤のせん断波速度 $V_{s,G0}$ で正規化)。本例の場合、4回のイタレーションで $\gamma_{1,eq}=0.11\%$ 、 $V_{s,eq}/V_{s,G0}=2.08$ に収束した。恒久グラウト工法は剛性の高い改良体を作成できるため、改良率15%という比較的少ない改良率で原地盤の約4倍の等価せん断剛性をもつ改良地盤を作成できることになる。この剛性を用いて1次元の地震応答解析などで地震時の応答を計算できる。

液状化防止効果

図7は提案する格子状改良地盤の簡易液状化評価法⁴⁾により求めた初期せん断ひずみ $\gamma_1 \sim$ 過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma'_v$ 関係を示したものである。等価な構造モデルのせん断ひずみは $\gamma_{1,eq}=0.11\%$ であるため、改良後は改良域内部の地盤で液状化が生じないことがわかる。

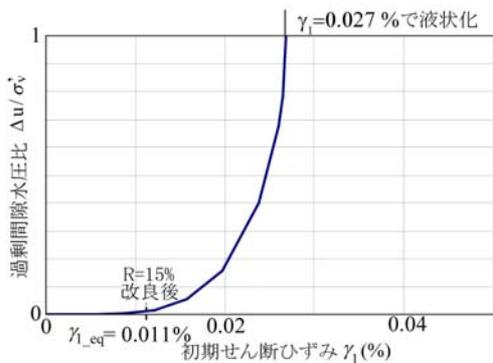


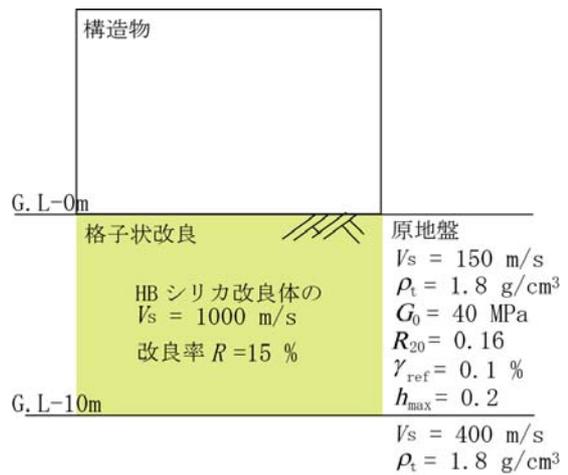
図7 $\gamma_1 \sim \Delta u/\sigma'_v$ 関係

4. 結論

高強度・高剛性の恒久グラウト材の特性を生かした既存構造物の液状化対策工法を提案し、均質化構造モデルを用いた地震時応答、液状化評価の設計法を示した。

<参考文献>

- 1) 天利, 社本: 高強度恒久グラウトによる液状化対策—その1 改良土の材料特性について—, 土木学会第66回年次学術講演会(投稿中),
- 2) 石川明, 浅香美治, 社本康広: “均質化法を用いた部分改良地盤の等価S波速度の簡易評価法”, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 613, pp. 67~72, 2007.,
- 3) 日本建築学会: “建築基礎構造設計指針”,
- 4) 石川明, 浅香美治, 社本康広: 格子状改良で拘束された地盤の簡易液状化評価法—その1 評価法—, 第46回地盤工学研究発表会(投稿中)



図—3 モデル解析例

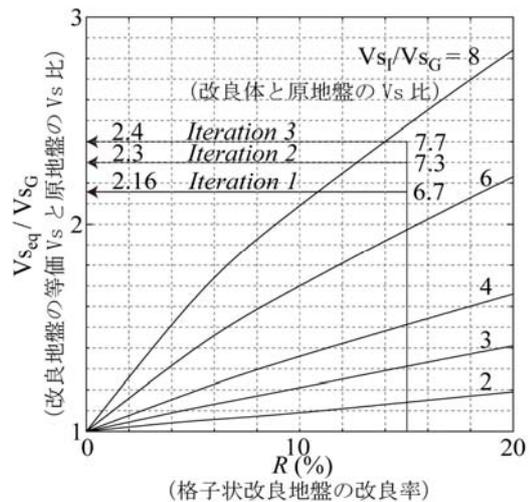


図4 改良地盤の等価せん断波速度 $V_{s,eq}$

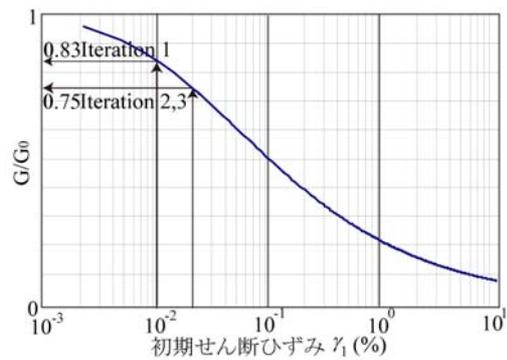


図5 地盤部の $G/G_0 \sim \gamma_1$ 関係

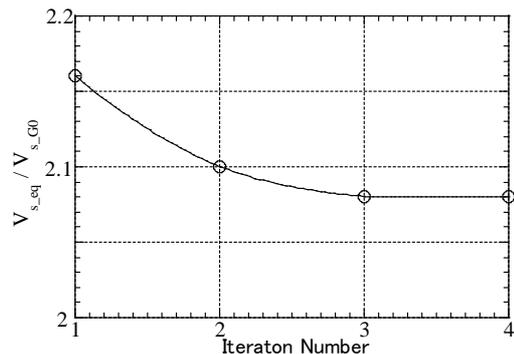


図6 $V_{s,eq}/V_{s,G0} \sim$ Iteration 数関係