

超微粒子複合シリカによる高強度地盤改良補強工法の開発

強化土エンジニアリング（株）	正会員	○陳内 直樹・和田 貴子
強化土エンジニアリング（株）	フェロー会員	島田 俊介
東洋大学名誉教授	フェロー会員	米倉 亮三
ジャテック（株）		木嶋 正

はじめに

超微粒子複合シリカ（ハイブリッドシリカ）は高強度恒久グラウトとして、掘削地盤の高強度地盤改良や既設基礎の補強、液状化防止等の耐震補強等に適用が進んでいる。従来仮設用に用いられてきた薬液注入工法が、恒久地盤改良や基礎の高強度補強という新しい分野に適用されるには、注入材としての恒久性のみならず、信頼性と経済性に優れた工法の開発が必要である。本報告者等は土粒子間浸透と急速施工という相反する条件を同時に満たすべく、柱状浸透固結法に超微粒子複合シリカを適用した。今回、3年前の野外注入試験地盤におけるブロックサンプリング、並びにコアサンプリングにより、高強度地盤改良補強工法としての効果が確認できたので、以下に報告する。

1. 高強度地盤改良補強工法

従来からの注入工法は注入管の直径を有効径とする球状浸透源からの球状浸透が基本であった。このため、土粒子間浸透を行うためには少量の吐出量で低圧注入する必要があるが、その結果、浸透範囲が小さく、特に懸濁型グラウトは割裂浸透になりやすい。本工法は、軟弱地盤は平面的堆積により透水性が水平方向に大きいいため、長尺柱状空間を浸透源として注入すれば、大吐出量による急速施工を行っても土粒子間浸透が可能のため、大径の高強度柱状固結体が形成されることに着目したものである。（図-1）以上を可能にするために、本工法（エキスパッカ工法）は以下の技術をもって構成した。

- ①袋体と吐出口を有する中空管からなる注入管を所定改良領域に複数本設置し、複数の袋体を膨張させて所定地盤を圧密強化し、注入管を地盤に定着する。
- ②上下の袋体間に形成した長尺柱状空間から懸濁グラウトを柱状浸透させて、大径の柱状固結体を形成し、この固結体を三次元的に連続させる。
- ③長尺柱状空間を浸透源とする円柱全表面から、大吐出量で注入ステージに均等浸透させるために、長尺柱状空間に開口する複数段の外管吐出口に、マルチパッカを有する内管（インナーチューブ）の複数段の吐出口から同時注入する。
- ④高強度で耐久性と浸透性に優れた超微粒子複合シリカを注入することにより、高強度改良地盤を形成する。

キーワード 薬液注入, 恒久地盤改良, 超微粒子複合シリカ, 野外注入試験, 柱状浸透

連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷2丁目15番10号 強化土エンジニアリング株式会社 TEL03-3815-1687

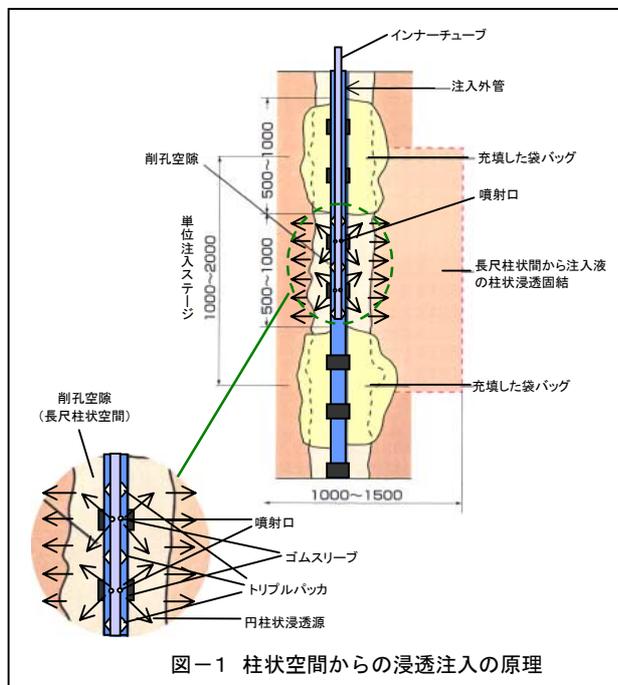


図-1 柱状空間からの浸透注入の原理



写真-1 袋バッグの充填試験状況



写真-2 マルチパッカを有する注入内管からの多段同時噴射状況

2. 注入システム

- 1) 袋バッグの充填試験状況(写真-1)
- 2) マルチパッカを有する内管(インナーチューブ)からの多段同時噴射(写真-2)
- 3) 注入外管の多段注入入口からのマルチパッカによる同時吐出(写真-3)
- 4) 外管多段出入口からの吐出量の検証試験(写真-4)
- 5) 注入順序(図-2)

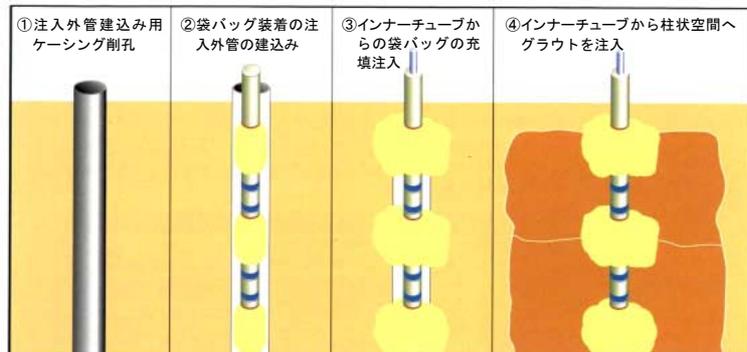


図-2 施工手順



写真-3 注入外管の多段注入入口からの同時吐出状況

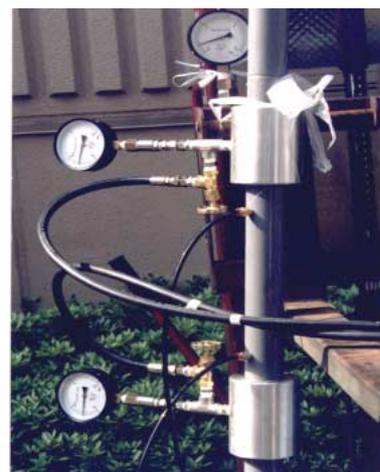


写真-4 注入外管の多段吐出口からの吐出圧力と吐出量の検証試験

3. 野外注入試験のまとめ

- 1) 柱状浸透による浸透固結効果

注入確認試験は施工から40日経過後に掘削して、目視による注入形態、深度別固結形状の測定を行った。注入ポンプ吐出圧力2MPaで、インナーチューブより注入外管吐出圧力0.5MPa(気中吐出圧力確認)で1mの柱状空間(球状浸透源のほぼ10倍の表面積)に24l/minで注入したところ、高さ2m、直径はほぼ1.50mの高強度の単位柱状固結体が1ステージで形成され、広範囲に均等に浸透することが確認できた。(写真-5)

- 2) 大容量土の急速施工

1ステージ2mの1本当りの注入量 $Q=1,413\text{ l}$ の注入時間は $t < 60\text{ min}$ (吐出量24l/min)程度であって、注入時間は球状浸透源からの注入を行う二重管ダブルパッカ工法(8l/min)の約1/3、二重管複合注入工法(16l/min)の約2/3の時間で注入でき、大容量急速施工が可能であることが判った。

- 3) 経年固結体の強度

注入試験40日後の掘削調査時のブロックサンプリングと、1年後、3年後のコアサンプリングによる一軸圧縮強度試験を行った。この結果、40日後には $5\sim 10\text{ MN/m}^2$ 、1年後にはほぼ 10 MN/m^2 から 20 MN/m^2 近くを呈し、高強度地盤改良補強工法として経年固結効果が確認できた。



写真-5 1ステージの柱状浸透固結体

あとがき

地盤注入工法は土粒子を動かすことなくそのまま使用して、地盤改良できるところに大きな特徴がある。本工法は柱状浸透固結法による大吐出量による広範囲な土粒子間浸透と、超微粒子複合シリカの高強度浸透固結効果を組み合わせることにより、急速施工と注入効果の向上を目指したものである。注入管は通常合成樹脂管を用いているが、鋼管を用いれば引張補強も可能になる。今後、トンネル工事や底盤掘削工事等の高強度補強のみならず、杭基礎の補強や高強度恒久地盤補強等、目的に応じた適用法の確立を進める予定である。

参考文献

- 1) 米倉、名越、島田、盛：「超微粒子複合シリカグラウトの耐久性実証試験」、第36回地盤工学研究発表会
- 2) 恒久グラウト協会：「エキスパッカ工法」並びに「ハイブリッドシリカ」技術資料