

可塑性グラウトによる巨礫・巨石地盤の注入改良 ～その2：施工時注入圧の事後評価～

大成建設(株) 正会員 ○羽生 剛 石井 裕泰
東京工業大学 正会員 北誥 昌樹

1. はじめに

著者らによる研究では、主に砂質土地盤を対象とした従来の地盤注入改良に対して、比較的新しい工法に位置づけられる巨石地盤の注入改良を扱う。注入材としては、巨石間隙における注入継続中の「浸透性」と注入完了後の「滞留性」の両立が期待できる可塑性グラウトを用いる。この種の注入改良はこれまでいくつかの適用、検討事例が報告されているものの、計画段階での適用性判断や施工時の妥当性判断などに結びつく、体系的な検討の余地を広く残す。本報では、前報「その1：注入圧の評価・予測法」¹⁾に続き、実施工で得られた注入圧を計算値とともに事後評価する。

2. 施工手順

施工においては、改良範囲の巨石を鉛直に貫通する直径 150mm のボーリング削孔を設け、注入装置を挿入して下部から直径 3.0m の球状固化体を想定した注入を 2.5m 間隔で順次行った。図 1 に注入装置と注入方法を示す。施工に際して、ボーリング孔に沿った連続した空洞に偏って浸透が生じないように、吐出部分の背面にパッカーを設け、注入継続中はボーリング孔と注入装置の間のクリアランスを閉塞させた。また、注入状況を把握する手段として、可塑性グラウトの注入圧を直接計測するための圧力計を吐出部に取り付け、モニタリングにあたった。一か所からの注入量は 5.6m^3 (直径 3.0m の球体積と想定注入率 0.4 の積) とし、注入速度 60L/min で計画注入時間 95 分とした。なお、施工の安定性が確認できたのちの施工では 70L/min に変更し、計画注入時間を 80 分とした。

本報が扱う箇所を含む注入の平面配置と順序を図 2 に示す。平面配置で 2 列の原則千鳥に配置した注入孔に対して、まず一つ飛ばしで選択した箇所で下部から上部までの注入（下部から上部へのステージ注入）を完了し（(a)一次注入）、続いて一次注入で挟まれた孔で同様のステージ注入を行い（(b)二次注入）、最後に一次、二次注入で 3 側面の施工が完了した状態での注入（(c)三次注入）を行った。

3. 注入圧の算定方法

前報においては、注入圧の算定式を提示の上、注入形態（球状、円盤状）、巨石寸法、可塑性グラウトの粘性が異なる 4 つの実験での注入圧を検討し、二つのパラメータ（浸透係数、降伏圧力勾配）の関連性を明らかにした。注入圧の算定では、1) 注入領域内に空間的に分布する可塑性グラウトのせん断抵抗（ τ_g ）に基づき正規化したせん断抵抗（ τ_N ）を設定、2) τ_N に基づき前報の図 4, 5 の関係から半径方向に分布する浸透係数（ K ）、降伏圧力勾配（ i_c ）を設定、3) 次頁の図 3 により浸透抵抗 dP を算定し注入孔中心から半径 R までを積分して注

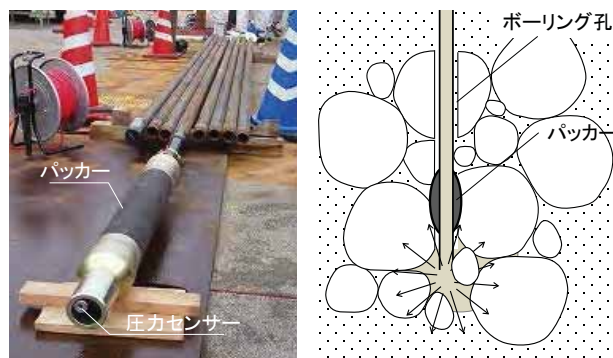


図1 注入装置と注入方法(断面図)

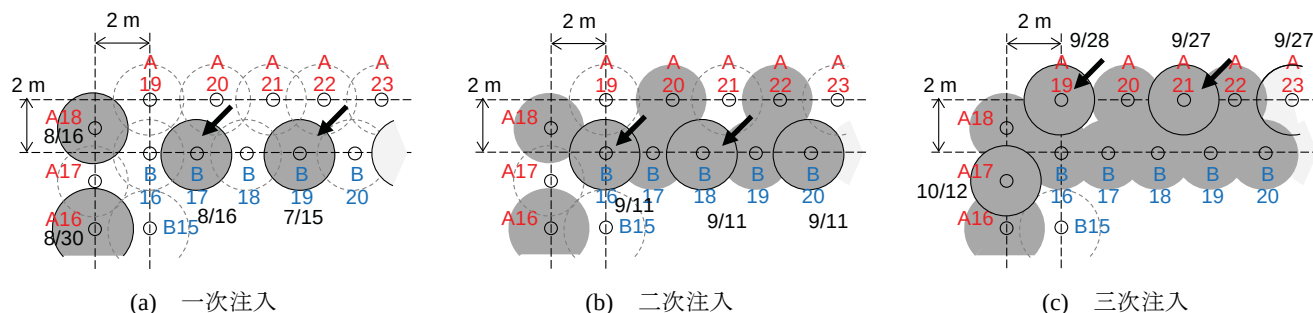


図2 検討対象とする注入の手順(平面図、↓は図4で扱う注入箇所)

キーワード 可塑性グラウト、注入改良、空洞充填

連絡先 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7236

入圧 P_0 を算定, 4)あわせて R に達するまでの時間を注入率と注入速度で算定する。複数水準の R に対して同様の計算をすることで, 注入圧の時間変化を特定できる。

4. 注入圧の事後評価

図4には, 一次, 二次, 三次注入の測定結果として, B-17・19, B-16・18, B-19・21での各ステージの注入結果と注入圧計算値を併記する。ここで, 注入圧の算定に必要な τ_f は, 置き置きした可塑性グラウトに対する実測のベーンせん断抵抗の時間変化(初期: 441N/m^2 , 90分後: $2,574\text{N/m}^2$)を参照した。また, 実際に注入地点ごとにばらついていることが想定される代表粒径は, 一次注入の測定値の下限・上限に合わせて2水準(0.32, 0.42m)を採用した。測定結果と注入圧算定値との比較を通しては, 以下のことが言える。

- ・一次注入の測定値と算定値は, 初期の数 100kN/m^2 の立ち上がりとその後の数 10kN/m^2 増加傾向が整合する。対象地盤の代表粒径が $0.3\sim 0.4\text{m}$ 程度と判断される点は, 事前調査に基づく 0.6m の想定に対して粒径分布や礫の形状が影響したものと考えられる。
- ・一次注入では全体的に安定した注入が得られるのに対して, 二次・三次の進展により細かな圧力の変動が見られるようになる。
- ・二次注入以降では, 一次注入で見られなかった水準の圧力が, 複数のステージ注入で発生するようになる。

注入圧の水準が計算値に対して極端に低い場合は, 実際の間隙に対して可塑性グラウトの τ_f が過小であることになり, 注入完了後に間隙中に滞留せず, 意図した範囲に改良固化体を形成できないことが考えられる。注入圧をあらかじめ算定して注入時の管理指標として活用することで改良品質の確保に役立つものと考えられる。

5. まとめ

可塑性グラウトを用いた巨礫・巨石地盤の注入改良を取り上げ, 注入圧の算定法とその適用性を確認し, 施工管理での活用性を見出した。今後, 既存施設の補強や機能増強を意図した適用を通して, 実施工データの蓄積と検証が進むことを期待したい。

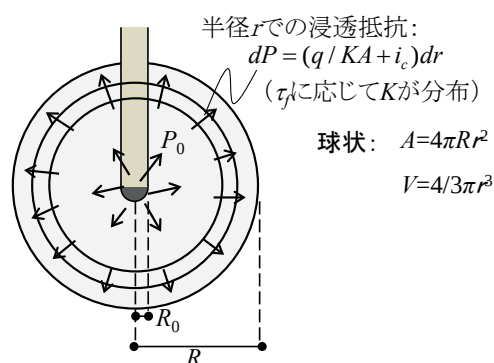


図3 注入圧の算定方法

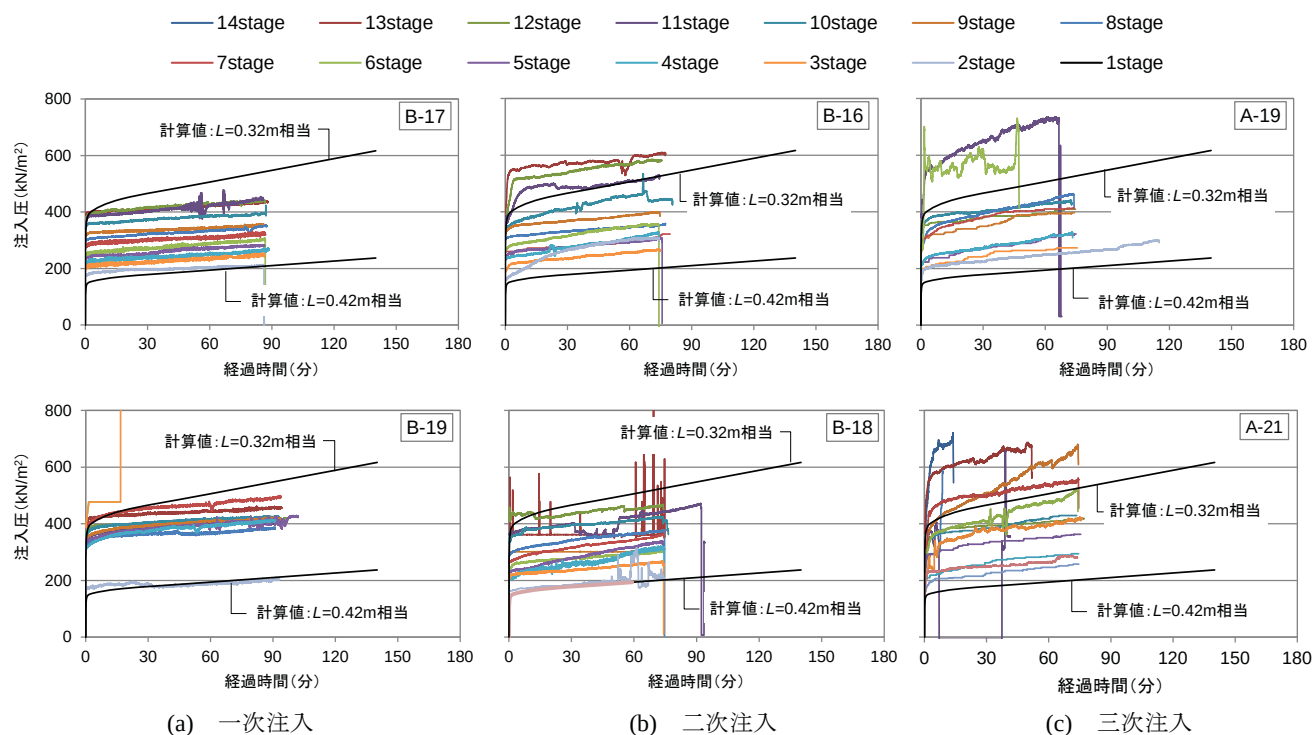


図4 注入圧の測定結果と計算値

【参考文献】1) 石井ら: 可塑性グラウトによる巨礫・巨石地盤の注入改良 ～その1: 注入圧の評価・予測法～, 第71回土木学会年次学術講演会(投稿中)。