

空気注入不飽和化工法の開発 その4：空気注入とそのモニタリング

(株) 不動テトラ 正会員 ○新川 直利 東亜建設工業(株) 正会員 三枝 弘幸
 オリエンタル白石(株) 正会員 藤井 直 (株) ダイアコンサルタント 山田 直之
 四国地方整備局 正会員 岡田 克寛 愛媛大学大学院 正会員 岡村 未対

1. はじめに

空気注入不飽和化工法(Air-des 工法)は、地盤中に空気を注入することにより地震時の間隙水圧の上昇を抑制する液状化対策工法である。空気注入不飽和化工法の実地盤への適用性確認を目的として、徳島県鳴門市において現場実験を実施した¹⁾。本報では本現場実験のうち、複数同時注入および既設構造物直下の対策を想定した斜め注入による施工性確認結果と、比抵抗変化率測定による空気侵入領域の確認結果について報告する。

2. 実験概要

本実験は、複数同時注入方法の施工性とモニタリング法の確認、既設構造物直下を改良対象とした場合の斜め注入方法の施工性確認を目的として実施した。実験サイトの地盤条件は文献1)に示すとおりであり、複数同時注入実験はBエリアで、斜め注入実験はCエリアでそれぞれ実施した。

本実験では、下式に示す比抵抗変化率 $\Delta\rho$ を管理指標として、空気注入中に1.5～2.0時間程度毎に地盤中の比抵抗を計測し、その比抵抗変化率の変化量が十分小さくなったことを確認した後に注入を停止した。

$$\Delta\rho = \{(\rho - \rho_0) / \rho_0\} \times 100 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 ρ は注入中の比抵抗値、 ρ_0 は注入直前の比抵抗値(初期値)である。

3. 実験内容および実験結果

(1) 複数同時注入実験

図-1に、空気注入管設置箇所の平面図および断面図を示す。比抵抗電極を空気注入管と一体化させて設置し、電極の深度方向の設置間隔は50cmとした。空気注入対象深度はGL-4.0～-14.5mとし、空気注入深度はGL-9.0m付近に礫混じり砂層が存在していることよりGL-8.5mと-14.5mの2深度とした。各々の深度の平面的空気注入管ピッチは5.0mの正三角形配置である。空気注入手順は、B1列の5箇所を同時注入した後、B3列の5箇所を注入し、最後にB2列の5箇所を注入した。空気注入時間は各列で約8時間とした。空気注入は圧力管理とし、正味の注入圧力 $p-u_0$ を有効上載圧力 σ_{v0}' の1/2倍以下となるように制御した。ここで p は注入空気圧、 u_0 は静水圧である。

B2列の空気注入による比抵抗変化率履歴を図-2に示す。空気注入時の $(p-u_0)/\sigma_{v0}'$ は概ね0.4～0.5の範囲で制御できており、約8時間にわたり安定した注入が行われていた。注入中に計測したB2列の比抵抗変化率の深度分布より、改良

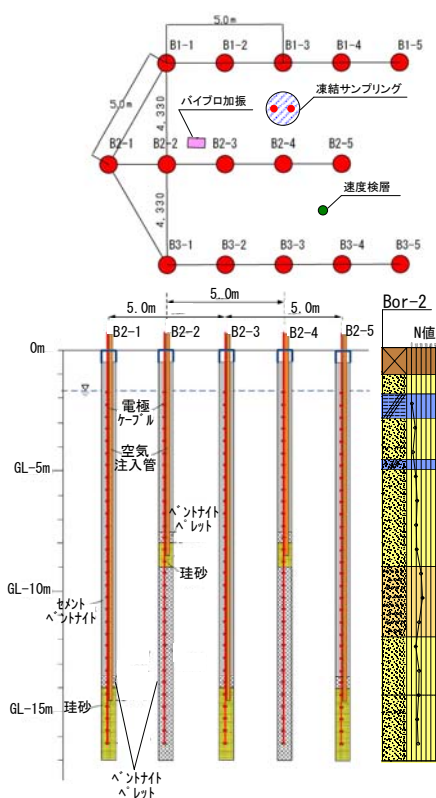


図-1 複数同時注入実験の平面・断面配置
比抵抗変化率(%)

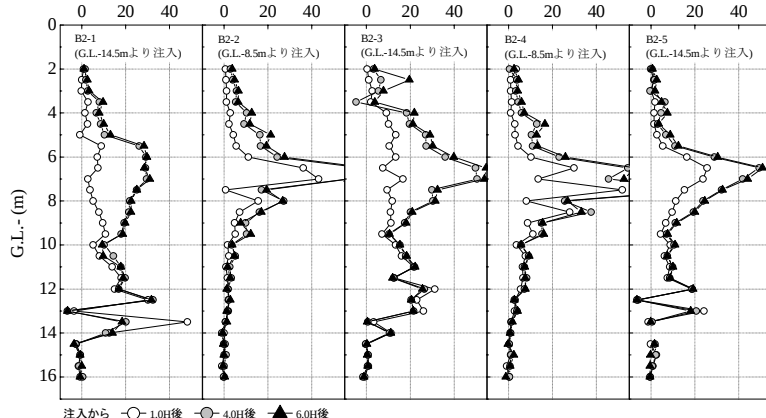


図-2 複数同時注入中の比抵抗変化率の深度分布 (B2 列)

キーワード 液状化, 不飽和土, モニタリング

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 (株)不動テトラ TEL:03-5644-8534

層の上部(GL-4.0～-8.5m)では、注入孔(B2-2, B2-4)の2箇所から注入深度 GL-8.5m にて空気注入することで全体的に比抵抗が大きく変動しており、注入孔から 2.5m 離れた地点の電極(B2-1, B2-3, B2-5)で比抵抗変化率が顕著に変化しており、注入した空気が水平方向と深度方向に侵入して拡がっていることが確認できている。一方、注入孔(B2-1, B2-3, B2-5)の3箇所から注入深度 GL-14.5m で空気注入した結果、下部の改良層 (GL-10.2～-14.5m)では空気注入孔付近での比抵抗変化率の増加が確認されているが、それから 2.5m 離れた地点の孔(B2-2, B2-4)の電極で計測された比抵抗変化率の変化量が相対的に小さい傾向であった。この原因は空気注入圧力が小さかったことによると想定される。以上の調査結果から、空気注入時に比抵抗を計測して、設置した比抵抗電極まで空気が到達したことを管理することにより、空気の水平方向と深度方向についての拡がり（空気侵入領域）を適切にモニタリングできることが確認された。

(2) 斜め注入実験

図-3 に斜め注入の平面・断面配置を示す。注入管および電極ケーブルの埋戻し構造は鉛直注入と同様である。注入口(GL-8.5m)からの空気侵入領域は、注入管と一体化された C-2 孔の電極ケーブルと、離隔 1.5m の両対に設置した C-1 孔と C-3 孔の電極ケーブルにて確認した。鉛直注入実験と同様に、注入中に測定した比抵抗変化率の変動が十分小さくなったことを確認し注入を停止した。

斜め注入中に計測した比抵抗変化率の深度分布を図-4 に示す。今回実施した削孔角度は地盤面から 60 度のケースのみであったが、注入に伴う空気侵入領域を適切に捉えていることがわかる。なお、GL-7m 付近で比抵抗変化率が著しくマイナス傾向を示している。これは電極間隔よりも狭い深度区間で局所的な比抵抗の異常な増加が生じた領域によって、その近傍の比抵抗が低く捉えられてしまう逆感度現象が生じたことによるものである。

以上の結果より、斜め注入により鉛直注入と同程度の品質が確保でき、本工法が既設構造物直下へも適用可能であることが示された。

4. まとめ

本報では、空気注入不飽和化工法の実地盤への適用性確認を目的として、複数同時注入および既設構造物直下の対策を想定した斜め注入による施工性確認、および比抵抗変化率測定による空気侵入領域のモニタリング手法の確認を行った。その結果、複数同時注入、斜め注入のいずれにおいても、空気注入時の比抵抗計測により空気侵入領域を適切にモニタリングできることが確認された。

【参考文献】1) 岡田・太田・磯谷・大内・高野・岡村：空気注入不飽和化工法の開発 その1：現地実験（徳島県鳴門市）の概要，土木学会第67回年次学術講演会，2012年（投稿中）。

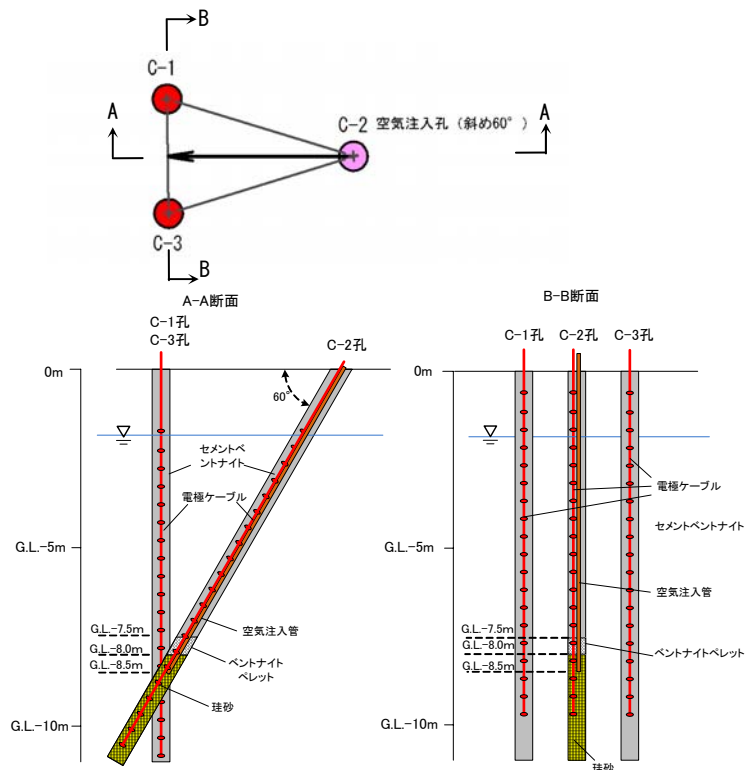


図-3 斜め注入実験の平面・断面配置

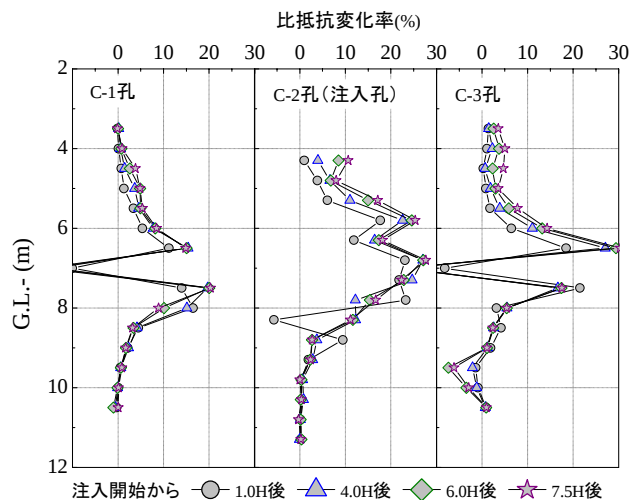


図-4 斜め注入中の比抵抗変化率深度分布