

## 空気注入による地盤の不飽和化実験

東亜建設工業（株） 正会員 ○武林昌哉  
 オリエンタル白石（株） 正会員 藤井 直  
 （株） 不動テトラ 西田克司  
 愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

### 1. はじめに

飽和砂質地盤の液状化強度は飽和度の低下に伴って増加するため、地盤の飽和度を低下させること（不飽和化）は有効な液状化対策となる。地盤の不飽和化の試みとして室内実験例は多数あるが、実用化に向けた現場実験は最近始められたところである。本稿は、筆者らが実地盤において実施した、空気注入により不飽和化を行う現場実験の概要と、注入した空気の分布範囲および飽和度低下のモニタリング結果を報告するものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験目的

液状化対策として地盤に直接空気を注入する技術の試行および、注入した空気のモニタリング技術の検証を目的とする。

#### 2.2 実験概要

地盤に空気注入管を設置し、圧力を制御しながら注入管から地盤に空気を注入した。注入時の圧力・流量は圧力計・流量計により測定しパソコンに記録した。空気注入の概要を図-1に示す。注入した空気のモニタリング方法は、(1)比抵抗トモグラフィ、(2)FDR 土壌水分計の2つの方法を採用した。注入した空気の分布範囲は比抵抗トモグラフィにより確認し、飽和度の低下は地盤中に設置したFDR 土壌水分計により測定した。比抵抗は地盤中における電気の流れ難さを表す物理量で、一般に飽和度が低下すると比抵抗値は増大することが知られている。その特性を利用して空気注入による飽和度の変化を比抵抗値の変化として捉えようとするものである。実験手順として、先に空気注入管と FDR 土壌水分計を地盤中に設置する。空気注入前後における地盤の比抵抗値を比抵抗トモグラフィ法にて計測し、その変化率分布から空気の分布を確認する。また、空気注入前に FDR 土壌水分計による計測を開始して、注入に伴う飽和度の変化を確認する。図-2に示すように、FDR 土壌水分計は空気注入管の近傍に設置した。比抵抗トモグラフィ法の電極は、注入管を中心として4本の鉛直電極アレーを地盤中に設置し、地表面に設置した電極と併せて計測を実施した。

#### 2.3 地盤状況

実験に先立ちヤード内の地盤調査を実施した。図-3に示すように GL-2.3m～GL-11.45m にかけて埋立材と思われる細砂が堆積している。

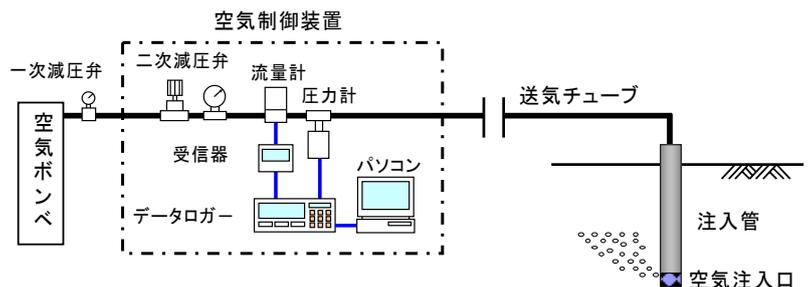


図-1 空気注入の概要

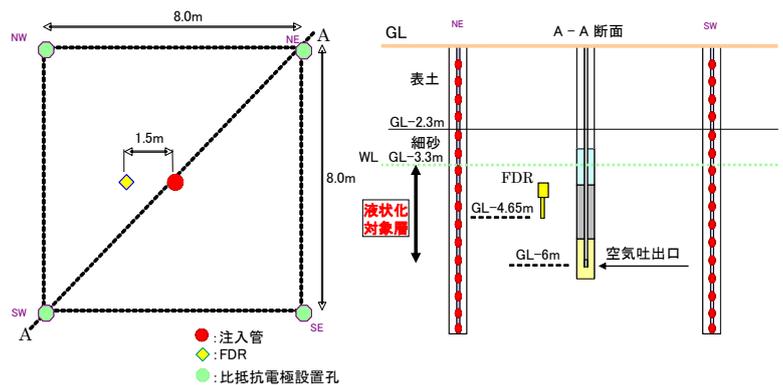


図-2 計測機器の配置

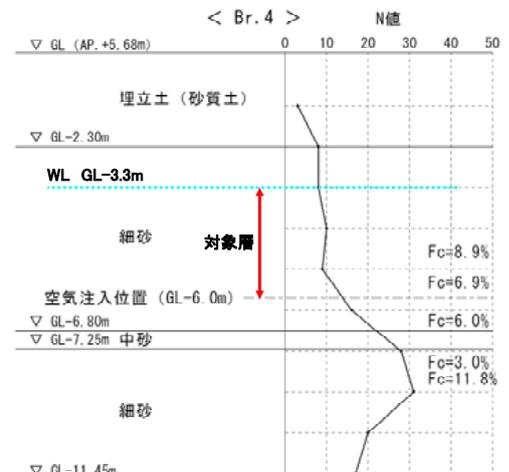


図-3 地盤調査結果

キーワード：液状化，不飽和，空気注入実験

連絡先：〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3 東亜建設工業（株）技術研究開発センター TEL045-503-3741

この層は、細粒分含有率が 10%に満たないような比較的クリーンな砂層である。N値から施工性等を考慮して空気の注入深度を GL-6.0m とし、空気注入による改良対象範囲は GL-6.0m～GL-3.3m とした。

### 3. 実験結果

#### 3. 1 注入結果

地盤への空気注入圧は、空気注入位置における地下水圧に空気侵入圧を加えた圧力よりも大きく、地盤が破壊される圧力より小さくする必要がある<sup>1)</sup>。注入位置付近の地下水圧は 26.5kPa であり、対象砂層の空気侵入圧は 4kPa 程度であった。したがって空気の注入は 30.5kPa より大きい圧力が必要となる。図-4 に空気注入初期における計測結果を示す。空気は、その圧力を 31.5kPa から 36kPa へ上げた時点から 0.1L/min 程度流れ始め、地盤中への空気侵入が始まったことが分かる。

#### 3. 2 比抵抗計測結果

図-5 は、空気注入前と注入停止からおよそ 2 時間後における比抵抗値の差を変化率で表現したものである。ここで変化率が大きい箇所は暖色系で表現している。赤色の箇所は多くの空気が存在し、飽和度が低下していることを示す。これにより、空気の分布を把握することができ、GL-3.5m～GL-4.0m 付近に多くの空気が分布していることが確認された。

#### 3. 3 FDR 計測結果

FDR 土壌水分計は地盤の誘電率を測定し、その誘電率と体積含水率の関係から土中の水分量を算出するものである<sup>2)</sup>。地盤中に設置した時に測定した誘電率を飽和度 100%と仮定し、以後に測定される誘電率の変化から飽和度低下を算出する。図-6 に計測結果を示す。空気注入を開始してからおよそ 14 時間後に飽和度低下が確認され、誘電率から算出した飽和度はおよそ 84%であった。

### 4. まとめ

今回の現場実験により以下の成果が得られた。

- (1) 空気注入により実地盤を不飽和化することが可能であることがわかった。
- (2) 空気の分布範囲を比抵抗計トモグラフィにより三次元的に把握し可視化できることがわかった。
- (3) 実地盤においても FDR 土壌水分計により飽和度の測定が可能であることがわかった。

今後も実地盤における空気注入実験を行い、実用化に向けて開発を進める所存である。

### 参考文献

1)緒方, 岡村: 飽和地盤中に対する空気注入時の空気挙動に関する実験的研究, 土木学会四国支部平成 18 年度自然防災フォーラム論文集, pp.89-92, 2006. 2)西垣, 小松ら: FDR 法による土壌・地下水汚染のモニタリング手法に関する基礎的研究, 地下水学会誌, 第 46 巻, 第 2 号, pp.145-157, 2004.

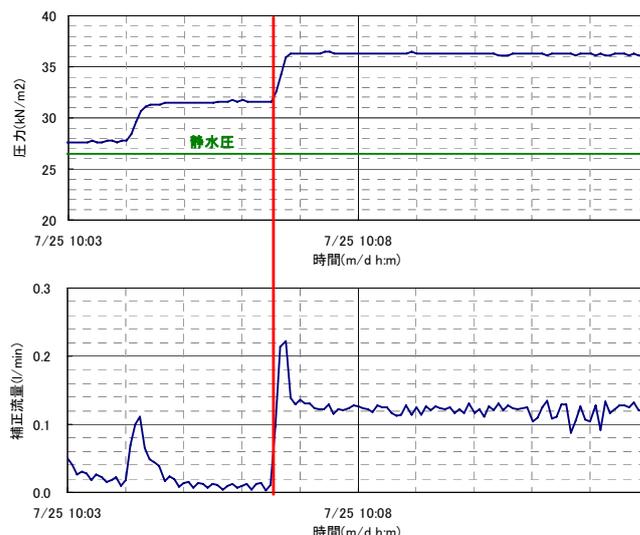


図-4 空気注入圧力・流量

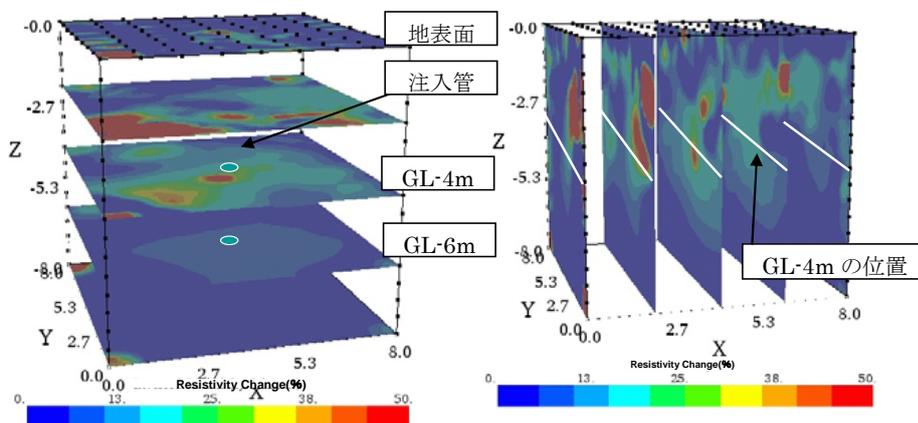


図-5 比抵抗トモグラフィ結果

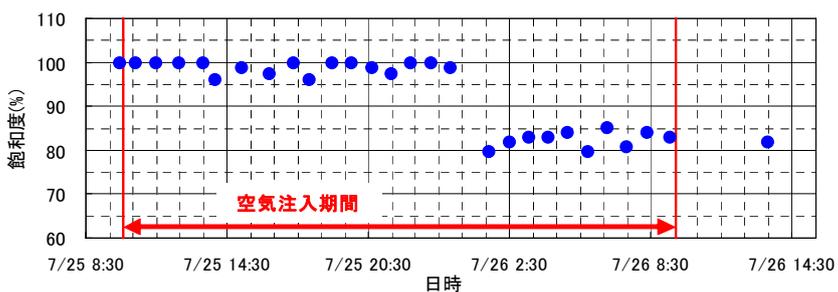


図-6 FDR 土壌水分計計測結果