

空気注入不飽和化工法の開発 その3：注入口配置に関する解析検討

(株) ダイヤコンサルタント 正会員 ○山浦 昌之 オリエンタル白石 (株) 正会員 藤井 直
 東亜建設工業 (株) 正会員 浅田 英幸 高松港湾空港技術調査事務所 正会員 岡田 克寛
 (株) 不動テトラ 正会員 新川 直利 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。本稿では、前報の注入間隔設定実験 (図-1 参照) を対象とした気液二相流解析結果を通して地盤中へ注入した空気の拡がり进行评估し、この工法における空気注入口の配置方法について検討した結果を報告する。

2. 気液二相流解析の概要

解析コードは TOUGH2¹⁾ を使用し、地盤中の間隙水と間隙空気の流れを対象とした三次元非定常解析により評価した。解析に用いた三次元モデルと主な入力条件を図-2 と表-1 に示す。また、空気の注入条件としては、実験結果を模擬し、注入口から一定の質量流量 (約 0.002kg/s) を与える条件を設定した。

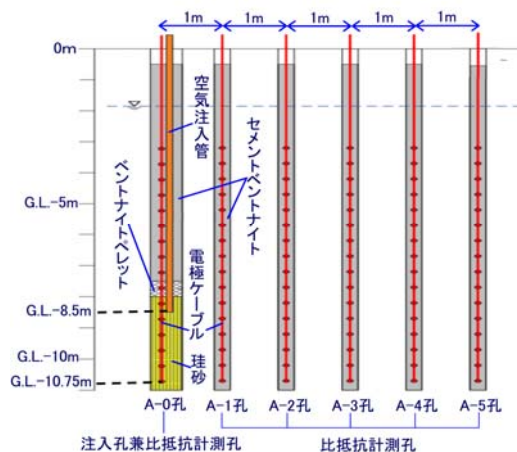


図-1 実験の概要図 (断面図)

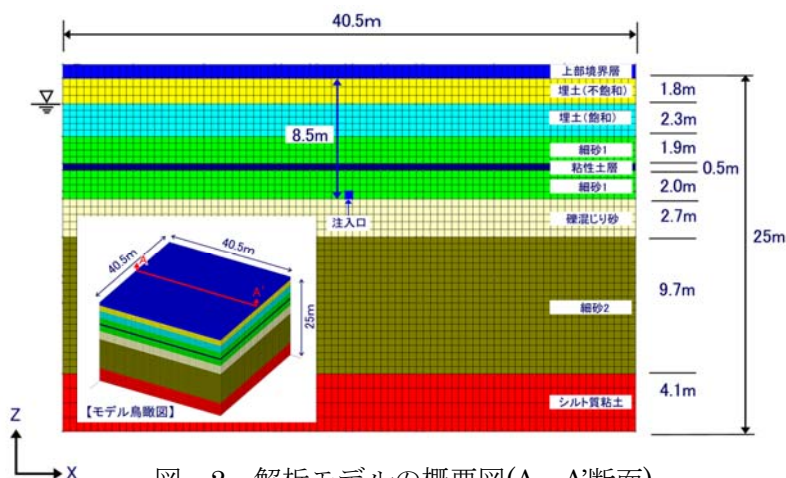


図-2 解析モデルの概要図(A-A'断面)

表-1 主な入力物性値

材料種類	間隙率	初期飽和度 (%)	飽和透水係数 (m/s)
上部境界層	1.00	0	4.89E-06
埋土 (不飽和)	0.55	30	4.89E-06
埋土 (飽和)	0.56	100	4.89E-06
粘性土層	0.56	100	4.89E-07
細砂 1	0.48	100	1.22E-05
礫混じり砂	0.47	100	6.74E-05
細砂 2	0.46	100	2.13E-05
シルト質粘土	0.75	100	4.70E-06
空気注入流量 (kg/s)	0.002		

3. 検討結果

注入口における注入流量と注入圧力の実験結果と解析結果の比較から、解析結果が空気注入の状況を十分再現できていることを確認した (図-3 参照)。

注入終了直前の比抵抗変化率 (空気注入前の比抵抗値からの変化率) と解析結果の飽和度低下量 (空気注入前の飽和度からの低下量) との比較を図-4

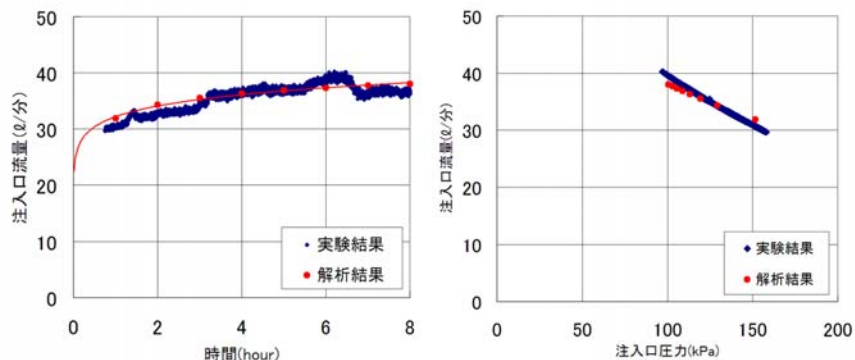


図-3 注入口流量と注入口圧力 (実験結果と解析結果の比較)

キーワード 液状化, 不飽和土, 空気注入, 現地実験, 気液二相流, 数値解析

連絡先 〒331-0811 埼玉県さいたま市北区吉野町 2-272-3 (株) ダイヤコンサルタント TEL : 048-654-3129

に示す．比抵抗値の変化が認められる領域が飽和度の変化している領域と評価でき，比抵抗変化率と解析結果には良い一致が認められる．したがって，比抵抗変化率は，地盤中へ注入した空気の拡がりをつめる指標として有効であるものと考えられる．

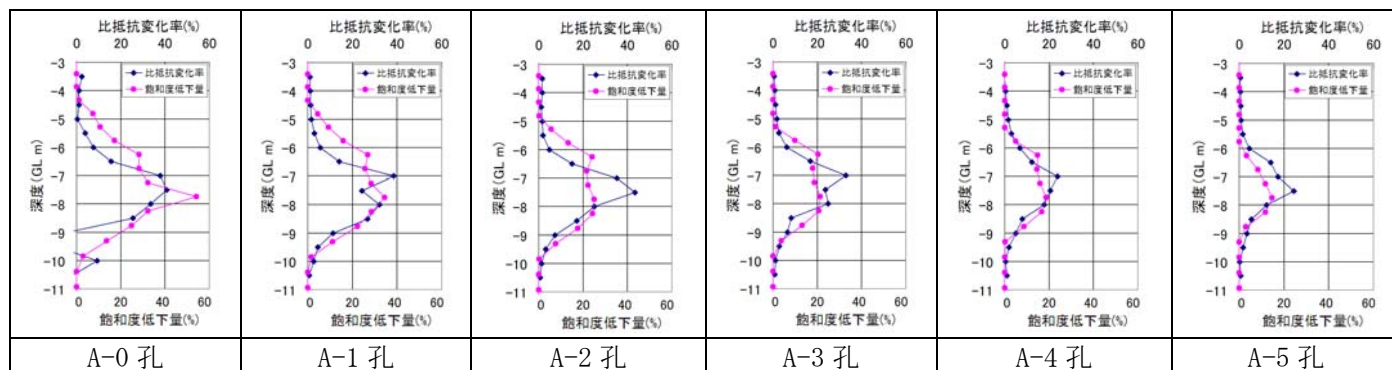


図-4 比抵抗変化率と解析結果の飽和度低下量との比較

注入終了直前の解析結果における注入断面の飽和度分布を図-5に示す．注入口の上方に存在する粘性土層が上方への空気の拡がりを妨げているため，注入した空気は横方向への拡がりが大きくなっている．注入口深度で浅で粘性土層底面までの高さ（厚さ 2.0m）を不飽和化するためには，飽和度の目安を 90%以下と仮定すると，1 注入点あたりに必要な不飽和化範囲は，およそ直径(D)：7m，高さ (H)：約 2m の円柱状となる．

ちなみに，粘性土層が無い場合には図-6のようになり，対象層となる細砂 1 層の不飽和化範囲は，およそ直径(D)：5m，高さ (H)：約 4.5m の円柱状となる．このように，不飽和化対象層（今回の場合は細砂 1）の中に粘性土層のような難透気層が挟在すると，鉛直方向の空気の拡がりが抑制される分，水平方向の空気の拡がりが大きくなる．また，粘性土層の上側を不飽和化するためには，粘性土層の上側にも注入口を設ける必要があることが分かる．さらに，平面的に満遍なく不飽和化した領域を確保するためには，図-5や図-6で得られた直径 (D) を基に図-7に示すような配置で注入孔を設定することが必要となる．

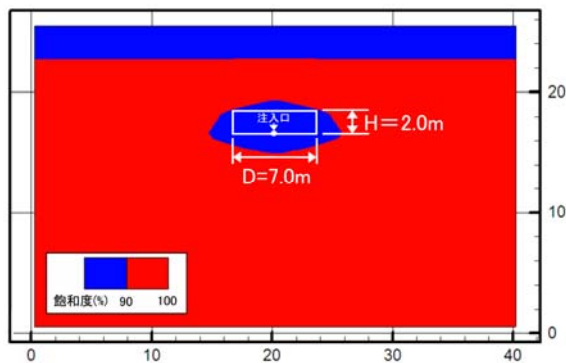


図-5 解析結果の飽和度分布

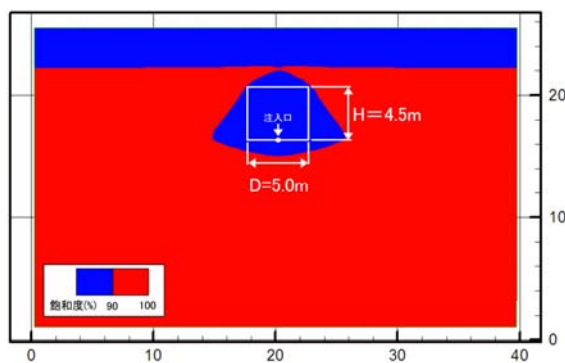


図-6 解析結果（粘性土層が無い場合）

4. おわりに

注入間隔設定実験を対象とした数値解析による評価を通して，注入した空気の拡がり方を把握し，注入口の配置方法を立案した．空気の拡がり方は対象地盤の透気性のバラツキに大きく左右されるため，より慎重な注入口の配置計画を立てて施工に望む必要があることが分かった．今後は，実績の蓄積と共に，さらに確実に効率的な配置方法への改善を目指す所存である．

参考文献

- 1) Karsten Pruess, Curt Oldenburg, George Moridis : TOUGH2 USER'S GUIDE, VERSION 2.0, Earth Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, November 1999.

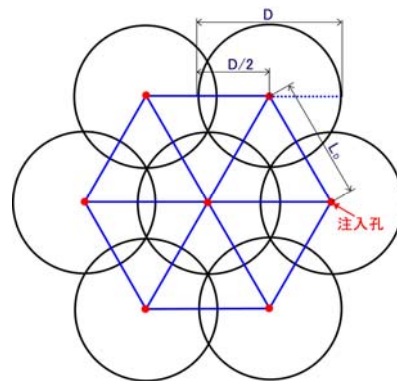


図-7 注入孔の平面配置間隔