

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

四国地方整備局 正会員 ○岡田 克寛 東亜建設工業(株) 正会員 太田 正規
 (株)不動産テトラ 磯谷 修二 オリエンタル白石(株) 大内 正敏
 (株)ダイヤコンサルタント 高野 仁 愛媛大学 正会員 岡村 未対

1. 目的

既存構造物の液状化対策は、非常に高価であることから、現在でも十分に行われておらず、安価な液状化対策工法が望まれている。著者らは、既設構造物直下の液状化対策の大幅なコストダウンを実現することを目的とし、産官学の連携の元で空気注入不飽和化工法に取り組んできた¹⁾。具体的には図-1に示すように、地盤中に空気を注入することにより、地盤を不飽和化し、液状化強度を高めるものである。本報告は、地盤への空気注入により地盤を不飽和化できることを実証すると共に、施工中（空気注入中）の不飽和化領域の把握方法、注入後の地盤の残留飽和度の測定方法、ならびに不飽和化による耐震対策効果の検証を目的として現場実験を行った。本報を含む「その1～その5」では、徳島県鳴門市での現場実験、「その6～その7」では、千葉県袖ヶ浦市での現場実験結果、さらに「その8～その9」では、設計法の考え方および、それに基づいた検討結果について報告する。まず本報では、徳島県鳴門市で実施した実験の概要を示す。

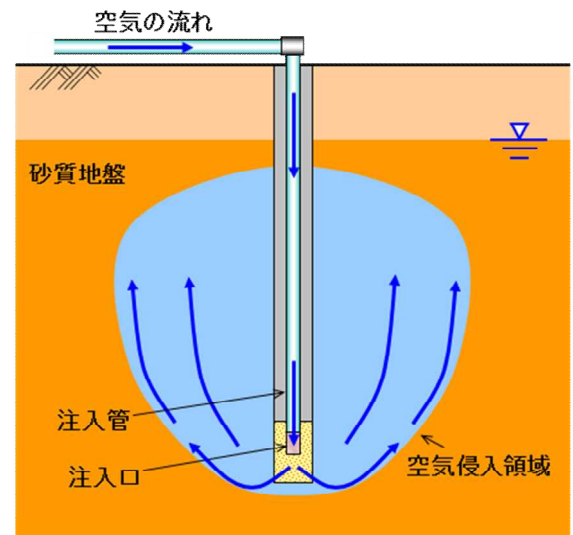


図-1 空気注入イメージ図

2. 実験サイトの概要

本実験は徳島県鳴門市撫養町で実施した。実験サイトの地層構成を図-2に示す。所々薄いシルト及び粘土が確認できたが、全体的には砂質地盤である²⁾。

3. 実験サイトにおける本工法の適用性

実験サイトにおける本工法の適用性を保水性試験による方法と現地土の塑性指数によって検討した。

1) 保水性試験による検討

空気注入不飽和化工法において、地盤の土粒子の骨格構造に影響を与えることなく、空気を注入することが重要である。そのため、空気注入に必要な圧力を確認するため保水性試験を実施した。図-3に、保水性試験により求めた「空気が土中に侵入しはじめる圧力＝空気侵入値」と試料の10%粒径との関係を整理したものを示す。なお、図-3には本実験サイト以外の試験結果も記載している。10%粒径が大きい程、空気侵入値は小さくなる傾向を示し、最大でも6kPaであった。

また、保水性試験の吸水過程において、実地盤での現象を模擬した試験を実施し、地盤における残留飽和度

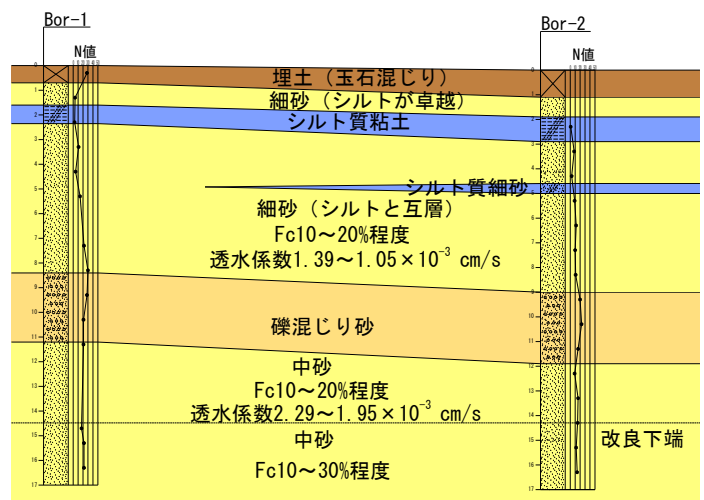


図-2 現場の地層構成 (Bor-1—Bor-2)

キーワード 空気注入不飽和化工法、液状化対策、不飽和土、現場実験

連絡先 〒760-0017 香川県高松市番町 1-6-1 (住友生命高松ビル 2F)

四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 TEL 087-811-5661

を確認した。その結果を図・4 に示す。なお、本工法では、地盤の残留状態（空気注入終了からしばらくした後）での飽和度の目安は 95%である。吸水前の初期飽和度が低いほど残留飽和度が低くなる傾向を示し、初期に飽和度 87%程度まで不飽和化すれば、飽和度 93%程度まで空気が残留する事がわかった。以上の結果より、本実験サイトにおいて不飽和化が可能であることが判明した。

2) 塑性指数による検討

塑性のある細粒分を含む地盤は非塑性細粒分を含む地盤と異なり、液状化強度が上昇しにくい傾向にあることが報告されている³⁾。本サイトにおいては、Bor-2 において G.L.-5.0m 付近のシルト質細砂の塑性指数が 20 程度であった。しかし、G.L.-5m～G.L.-18.0m までは、部分的に塑性指数が 10 程度を示す箇所はあるものの、全体としては概ね NP であった。このことから、空気注入不飽和化工法の適用が可能であることが分かった。

4. 実験項目

図・5 に実験ヤード全体平面図を示す。実験は 3 段階で実施しており、STEP-1（注入孔間隔設定実験）では、A エリアにおいて 1 本の空気注入管から空気を注入し、地盤内の空気の拡散状況を 5 本の電極孔内に設置した電極を用いた比抵抗計測を実施し、比抵抗計測法の適用性を確認した。また、この時の不飽和化される領域を気液二相流解析により予測し、実験結果と比較することによって数値解析の妥当性を検証するとともに、STEP-2 の複数同時注入実験の注入孔の間隔を設定した。

STEP-2 では、STEP-1 で設定した注入孔の間隔にて、実施工を模擬した複数同時注入実験を B エリアで実施し、そこでも比抵抗測定による施工管理方法について検証した。また、C エリアで構造物直下の施工を模擬し、空気注入管を斜めに設置し、適用性について検証を行った。

STEP-3 では、不飽和化された地盤の事後調査として、B エリアで不飽和状態の確認と改良効果の確認を行った。不飽和状態の確認には、凍結サンプリングを中心とした試料採取と速度検層を、改良効果の確認にはバイブロハンマによる加振実験とサンプリング試料を用いた繰り返し三軸試験を行った。

5. おわりに

本報では、徳島県鳴門市での空気注入不飽和化工法の適用性の確認と実験概要について記したものである。紙面の都合上、実験結果については別報に譲ることとするが、本工法が多くの未対策箇所に適用されるよう、検討を進めたいと思う。

【参考文献】1) Okamura et al.: In-Situ Desaturation Test by Air Injection and Its Evaluation through Field Monitoring and Multiphase Flow Simulation, J. Geotechnical Geoenvironmental Eng, ASCE, 137, 643-652, 2011, 2)岡田克寛・青木宏彦・磯谷修二・大石雅彦・高野仁・岡村未対：空気注入不飽和化工法の現地実験 その 1：徳島県鳴門市での実験概要，第 47 回地盤工学研究発表会,2012（投稿中）3) 竹上和希・岡村未対：塑性のある細粒分を含む不飽和砂質土の液状化強度特性,第 46 回地盤工学研究発表会,2011

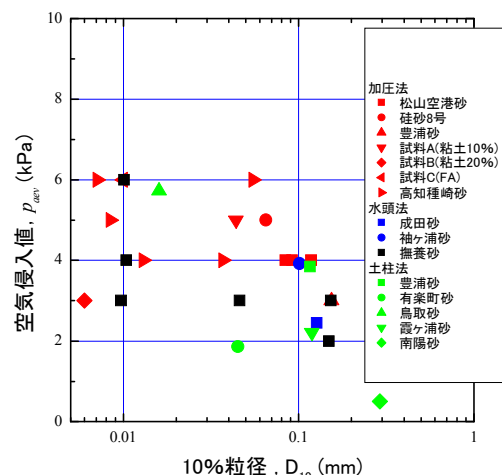


図-3 空気侵入値-10%粒径の関係

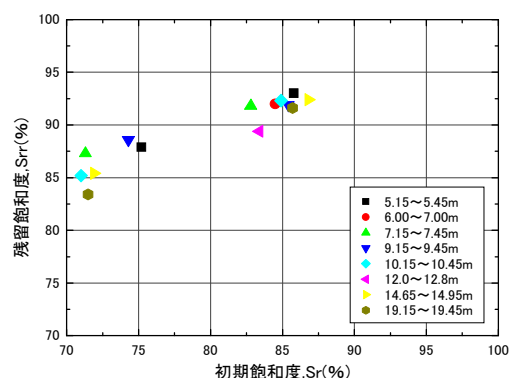


図-4 初期飽和度-残留飽和度

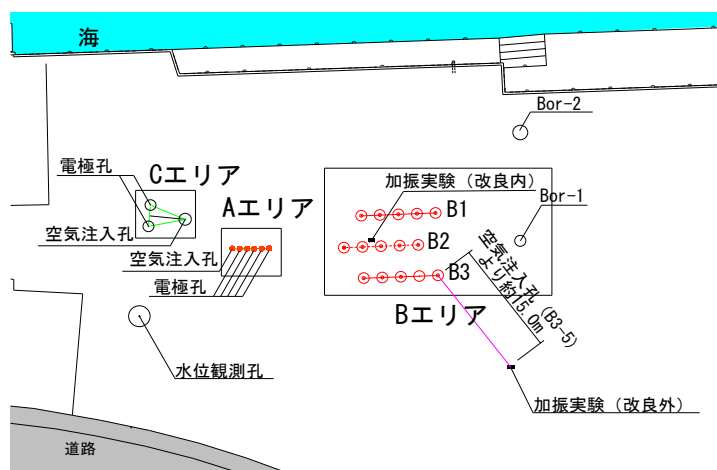


図-5 実験ヤード平面図