

空気注入不飽和化工法の開発 その 8 : 設計法の概要

四国地方整備局 正会員○小泉 勝彦 東亜建設工業(株) 青木 宏彦
 (株)不動テトラ 磯谷 修二 オリエンタル白石(株) 正会員 藤井 直
 (株)ダイヤコンサルタント 正会員 山浦 昌之 愛媛大学 正会員 岡村 未対

1. はじめに

一連の論文(空気注入不飽和化工法の開発: その1~7)で述べてきたように, 著者らの開発グループは「空気注入不飽和化工法」の開発を進めてきた. 今回, 徳島県鳴門市および千葉県袖ヶ浦市において, 本工法を用いて十分実用に供すると考えられる範囲の砂質地盤を不飽和することに成功した. これを受けて, 本工法の設計・施工に関する内容を取りまとめた. 本稿では, 空気注入不飽和化工法の設計法について概要を報告する.

2. 必要飽和度と設計飽和度

設計法の報告に先立ち, 本工法の適用性の検討や設計に必要な新しい概念について説明する.

本工法における重要な用語の定義は, 表1のとおりである.

表1 重要な用語の定義

用語	記号	定義
残留飽和度	S_{rr}	空気の注入によって一旦不飽和化した地盤が、注入終了によって復水した後に保持する飽和度
必要飽和度	S_{rn}	レベル1地震動に対して液状化しないために必要な液状化強度倍率より得られる飽和度
設計飽和度	S_{rd}	レベル1地震動またはレベル2地震動に対する耐震照査に用いる飽和度であり、残留飽和度から設定する.
液状化強度倍率	IR $IR(L1)$	不飽和地盤の液状化強度比を飽和地盤の液状化強度比で除したもの. $IR(L1)$ はレベル1地震動に対して液状化を抑制できる液状化強度倍率を示す.
液状化安全率	F_L F_{L1}	液状化強度比を発生最大せん断応力で除したもの. F_{L1} はレベル1地震動に対して液状化を抑制するために必要な液状化安全率を示す.

1) 必要飽和度

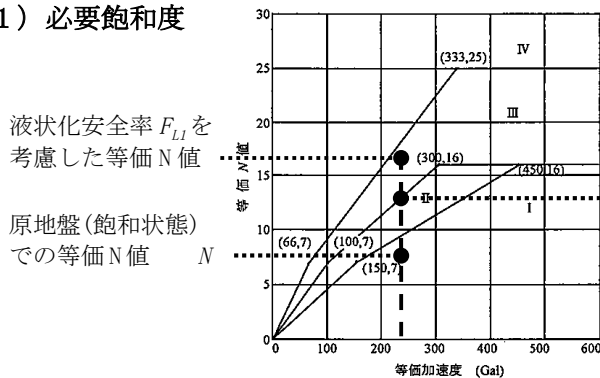
図1 港湾の構造物の液状化判定チャート¹⁾

図1に港湾の施設の液状化判定チャートを示す. ここで, 現地盤での等価N値が仮に N であったとする. この場合, この地盤において液状化を抑制するには, 等価N値が N である液状化抵抗を, 領域IIIとIVの境界である N_r に相当するまで増加させる必要がある. ここで, 必要な等価N値(液状化抵抗)に余裕を見込むため, 液状化安全率 F_{L1} を導入する. すると必要な液状化強度倍率は $IR(L1)=F_{L1}(N_r/N)$ となる. こうして算出された $IR(L1)$ を図2の体積ひずみポテンシャルと液状化強度倍率の関係に当てはめると必要な液状化抵抗に対する体積ひずみポテンシャル ε_v^* が計算できる. これにより, 必要な液状化抵抗を得るために必要な地盤の飽和度 S_{rn} が式1によって算出される.

$$S_{rn} = 100 \left(1 - \varepsilon_v^* \cdot \frac{P_0 + \sigma_v'}{\sigma_v'} \cdot \frac{1+e}{e} \right) \quad \cdots \text{式1}$$

ここに, ε_v^* : 体積ひずみポテンシャル
 σ_v' : 有効上載圧力(kN/m^2)
 e : 土の間隙比

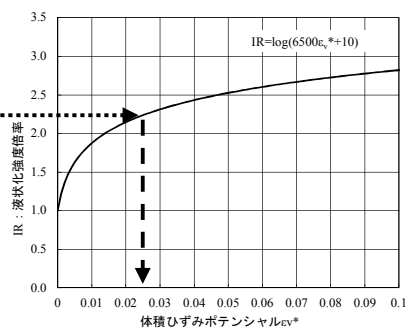


図2 体積ひずみポテンシャルと液状化強度倍率の関係

キーワード 空気注入不飽和化工法, 不飽和土, 液状化対策, 設計

連絡先 〒760-0017 高松市番町一丁目6番1号(住友生命高松ビル2階)

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 TEL087-811-5661

ここでは港湾基準の例を示したが、その他の構造物についても各々の設計基準に基づく考え方で同様に必要飽和度を計算することができる。

2) 設計飽和度

土中に空気を注入した後、空気の注入を停止し、自然に復水させた場合の地盤の飽和度と注入圧力の関係を示したものが図3である。図3の復水後の残留飽和度に若干の余裕を見込んだものが設計(に用いる)飽和度となる。このことから、設計飽和度は、対象土の保水性試験を行なって決定することを標準とした。一方、様々な砂試料に対して保水性試験を実施した結果、空気注入時(脱水時)の飽和度を90%以下とすれば、残留飽和度は95%以下となることがわかった。このことから、設計飽和度を95%と設定することもできる。

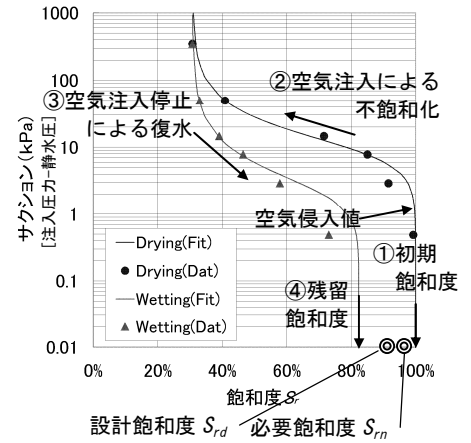


図3 空気注入～復水時の圧力変化

3. 設計の概要

本工法の設計手順を図4に示す。

①対策箇所の判定

対象構造物の液状化判定を行い、液状化対策の必要性を判定する。

②適用性の検討

本工法の適用性については、次の2項目を検討する。

- 1) 想定される空気注入圧力(対象土の空気侵入値以上で空気が地盤中に注入できる圧力)と「有効上載圧力+静水圧」を比較し、地盤を乱さずに空気を注入できることを確認する。
- 2) 先に示した考え方に従って必要飽和度、設計飽和度を算定し、不飽和化した地盤の設計飽和度が必要飽和度以下であることを確認する。

本工法が適用可能であるならば、各対象構造物の構造型式や外力条件等を考慮し、例えば図5²⁾のように改良領域を決定する。

③空気注入諸元の設計

当該地盤の必要飽和度を満足するために必要となる空気注入諸元(注入圧力、注入時間、不飽和化領域の大きさ、注入孔および注入口の配置)を一連の論文その2で示した注入間隔設定実験やその3で示した気液二相流解析により決定する。

④レベル1地震動に対する性能照査

設計飽和度にて液状化判定を行い、改良領域が液状化しないことを照査する。

⑤レベル2地震動に対する性能照査

対象施設が耐震強化施設などである場合には、論文その9で報告するように有効応力地震応答解析などによって、レベル2地震動に対する性能照査を行なう。照査基準を満たさない場合は、改良範囲の見直しや他の地盤改良工法との併用を検討する。

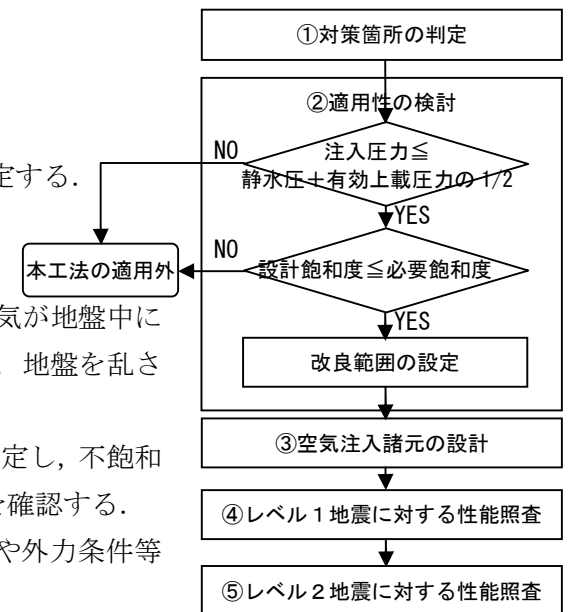


図4 空気注入不飽和化工法の設計フロー

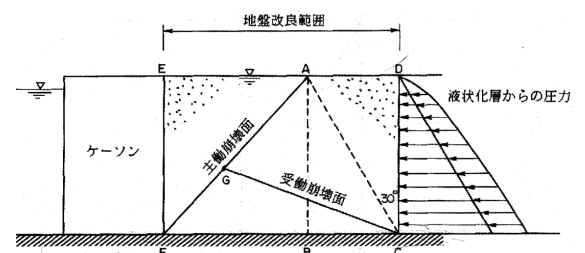


図5 岸壁を対象とした改良領域の設定例²⁾

4. おわりに

本講演会で報告した様々な検討によって、空気注入不飽和化工法の設計、施工に関する技術的内容を取りまとめることができた。しかしながら、課題も残っている。例えば、図5に示す改良範囲は地盤改良工法として締固め工法を前提としているが、現在の設計法はこれを準用している。今後は、本工法独自の地盤改良範囲の設定方法を開発していくことが課題である。

参考文献 1) 日本港湾協会 港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年7月 P386

2) 沿岸開発技術研究センター 埋立地の液状化対策ハンドブック(改訂版) 平成9年 P232