

矢板式岸壁に対する空気注入不飽和化工法の適用

(株)ニュージェック 正会員○曾根 照人 四国地方整備局 正会員 小泉 勝彦
 東亜建設工業(株) 正会員 山根 信幸 (株)不動テトラ 正会員 深田 久
 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

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、既設防潮堤の耐震対策として地盤改良の検討を行い、薬液注入固化改良工法および空気注入不飽和化工法単独では、レベル2地震動に対する性能規定を満足できなかった矢板式岸壁背後の胸壁断面に対して、両工法を併用することで性能規定を満足できた事例について報告する。

2. 不飽和地盤の液状化強度

不飽和化された土は、土中の間隙に空気が存在することによって液状化強度が増加する。これは、地震により間隙水圧が上昇すると気泡の圧縮に伴う体積減少により、間隙水圧の上昇が抑制されるためである。この間隙水圧抑制効果は間隙中に存在する空気の圧縮性とその支配的な要因である。岡村ら¹⁾は過剰間隙水圧が有効上載圧力と同値になるときの体積ひずみを体積ひずみポテンシャル ε_v^* (式(1))と定義し、体積ひずみポテンシャルは、液状化強度倍率IR(不飽和状態での液状化強度比/飽和状態での液状化強度比)とユニークな関係(式(2)、図-1)にあることを示している。

$$\varepsilon_v^* = \frac{\sigma_v'}{P_0 + \sigma_v'} \left(1 - \frac{S_r}{100}\right) \frac{e}{(1+e)} \quad \dots (1)$$

$$IR = \frac{R'}{R} = \log(6500 \varepsilon_v^* + 10) \quad \dots (2)$$

ここで、 P_0 は真空圧を基準とした絶対圧であり、その他の圧力は大気圧を基準とした通常のゲージ圧である。

P_0 : 静水圧(絶対圧), σ_v' : 有効上載圧力, S_r : 飽和度(%),

e : 土の間隙比, IR : 液状化強度倍率,

R' : 不飽和状態での液状化強度比, R : 飽和状態での液状化強度比

図-1 は、繰り返し回数 20 回の結果を取りまとめたものであるが、繰り返し回数 5 回, 10 回, 50 回においても不飽和化による液状化強度比増加量($R'-R$)は、ほぼ同じであることが確認されている。

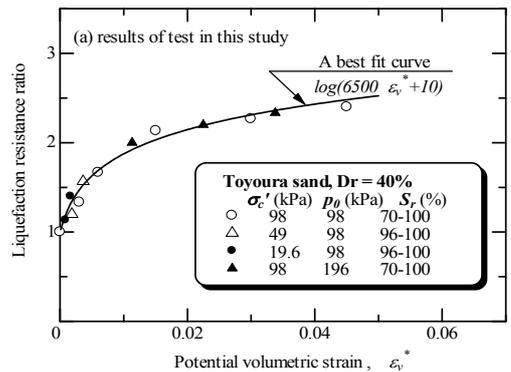


図-1 ε_v^* と液状化強度倍率¹⁾

3. 地震応答解析に用いる不飽和地盤のモデル化

検討に用いる地震応答解析手法は、兵庫県南部地震等における岸壁および護岸の被災事例を再現できている多重せん断機構モデルを用いた 2次元有効応力解析 FLIP²⁾を用いる。不飽和化された土は、液状化強度比のみが増加するものとして扱う。増加する液状化強度比は式(1)に示す体積ひずみポテンシャルによって変化する、つまり、同じ土層でも有効上載圧、初期間隙水圧に応じて変化することになる。そこで、要素の有効上載圧、初期間隙水圧に対して液状化強度比を設定するシステム³⁾で、飽和度 95%に対応する液状化強度倍率を要素毎に設定して、不飽和地盤のモデル化を行った(図-2 参照)。

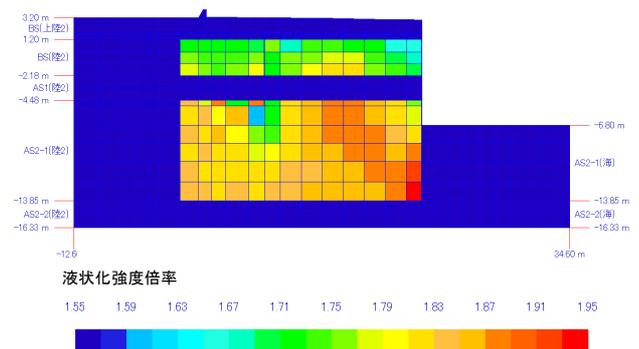


図-2 不飽和化地盤の液状化強度倍率

4. FLIP を用いたレベル2地震動に対する性能照査

対象施設の標準断面図を図-3に示す。沖積粘性土の上層に液状化対象層である沖積砂質土層(As1, As2層)、埋立土層(Bs層)が存在する。周辺環境より、液状化対策が可能な範囲は、矢板背後から胸壁背後までであり、

キーワード 空気注入不飽和化工法, 地震震応答解析, 不飽和土, 液状化対策

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東 2-3-20 株式会社ニュージェック港湾・海岸グループ TEL06-6374-4038

改良工法は、薬液注入固化改良工法(以下、薬液固化工法)と空気注入不飽和化工法(以下、不飽和化工法)の2つを選定した。液状化対象層のうち、As1層およびAs2-2層は細粒分含有率が多く、両工法とも適用できない可能性が高いと判断し、液状化対策範囲は、図-3に示すハッチングの範囲とした。入力地震動は海溝型地震のレベル2地震動とし、性能規定は、地震後の変位(残留変位)に関して水平方向、150cm以下と設定した。検討結果の一覧を表-1に、残留変位図を図-4に示す。薬液固化工法および不飽和化単独では、性能規定を満足できなかったが、両工法を組合せことにより、性能規定を満足できた。薬液固化工法の改良体内部では、大きなせん断ひずみが発生しないため、矢板直背後に薬液固化工法を配置した場合は、改良体が一つの躯体として傾斜する変形が発生している。そのため、控え杭位置での段差が大きく、胸壁の鉛直変位が大きくなっている。不飽和化工法では、改良体が一つの躯体となって変形する変形モードは発生していない。今回検討した地盤条件では、Case5の改良が最適となった。有効上載圧が小さいBs層は、不飽和化工法による液状化強度比の増加が小さいため、薬液固化工法が適し、As2-1層に関しては、改良体の剛体的な傾斜変形を抑制するため矢板直背後を不飽和化工法、その背後を薬液固化工法で改良するのが適していると考えられる。

5. おわりに

今回検討した地盤は、改良体の間に未改良地盤が存在する条件であり、本検討で得た最適な地盤改良工法の配置(矢板背後から控え直杭前面までは不飽和化工法、その背後に薬液固化工法)が、普遍的であることは確認できていない。今後、簡単なモデル(未改良地盤が存在しない)で検証を行う予定である。

表-1 性能照査結果

| ケース | 地盤改良 | | | 胸壁の残留変位(cm) | | |
|-------|--------|--------|--------|-------------|----------|-----|
| | Bs層 | As2-1層 | | 水平方向 | 鉛直方向 | |
| | | 海側 | 陸側 | | | |
| Case1 | 未改良 | 未改良 | 未改良 | 221 | >150 OUT | 140 |
| Case2 | 薬液固化工法 | 薬液固化工法 | 薬液固化工法 | 153 | >150 OUT | 108 |
| Case3 | 不飽和化工法 | 不飽和化工法 | 不飽和化工法 | 196 | >150 OUT | 38 |
| Case4 | 薬液固化工法 | 薬液固化工法 | 不飽和化工法 | 137 | ≤150 O.K | 147 |
| Case5 | 薬液固化工法 | 不飽和化工法 | 薬液固化工法 | 134 | ≤150 O.K | 65 |

参考文献

- 1) Mitsu Okamura and Yasumasa Soga:Effects of pore fluid compressibility on Liquefactionresistance of partially saturated sand,Soils and Foundations Vol.46,No.5,pp.695-700,2006.
- 2) Susumu.Iai,Yasuo Matsunaga,Tomohiro Kameoka:Space Plasticity Model for Cyclic Mobillity,Report of Harbour Research Institute,Vol.27,No.4,pp.27-56,1990.
- 3) 曾根照人,小泉勝彦,浅田英幸,新川直利,藤井直,山浦昌之,岡村未対:空気注入不飽和化工法の開発(その9)ーレベル2地震動に対する照査の一例ー,土木学会第67回年次学術講演会講演概要集,III-254,2012.

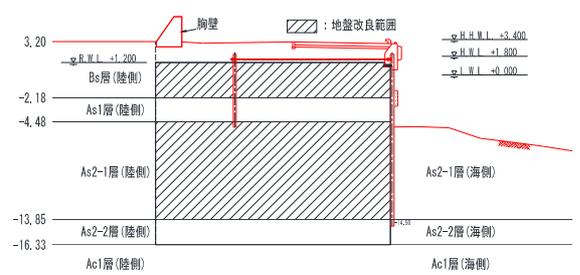


図-3 対象施設の標準断面図

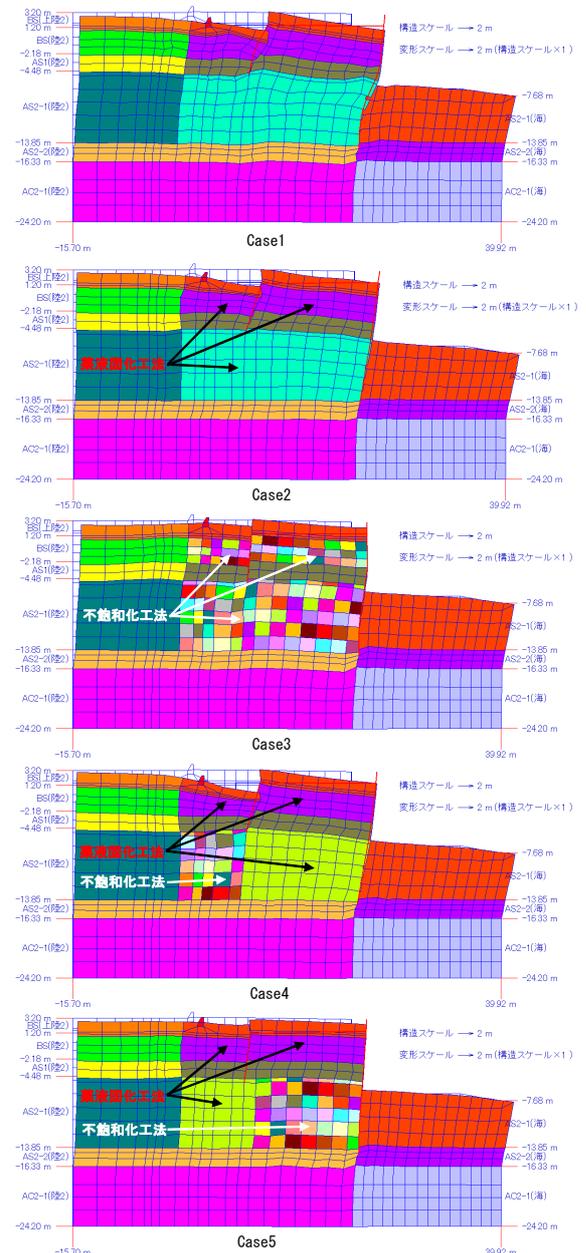


図-4 残留変位図