

注入固化工法による改良地盤の一軸圧縮強さおよび繰返しせん断特性

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○宇野浩樹

同上

正会員 谷崎史織 立石 章

極東石油工業(株) 千葉製油所工務部

佐藤弘隆

1. はじめに

旧法タンク基礎地盤に対しては、液状化に関する安全性を評価した上で必要な場合は液状化対策を実施することとなるが、今回、注入固化工法による液状化対策工事が実際の旧法タンク基礎地盤で実施された。筆者らはその改良地盤から採取した試料で室内土質試験を実施するとともに、すでに提案されている弾塑性構成式により非排水繰返し三軸試験の試験結果に対するシミュレーションを試みたので、ここに報告する。

2. 改良地盤および試料採取

詳細な設計検討および施工状況については、別報を参照されたい¹⁾。原地盤は、上から埋土(平均 N 値 5.3, 平均 $F_c=12.3\%$, 層厚 5.0m), 砂質土(平均 N 値 19.4, 平均 $F_c=9.8\%$, 層厚 6.9m), 粘性土の順で堆積しており、地下水位は GL-0.75m であった。改良範囲は地下水位から層厚 6.4m であり、図 1 に示すように溶液型活性シリカグラウトにより直径 2.6m の改良体を深度方向に 3 段施工し、施工が終了してから約 1 ヶ月経過した後、改良地盤の外周部(図中の A-1 および A-2)においてトリプルチューブサンプラーを用い試料を採取した。

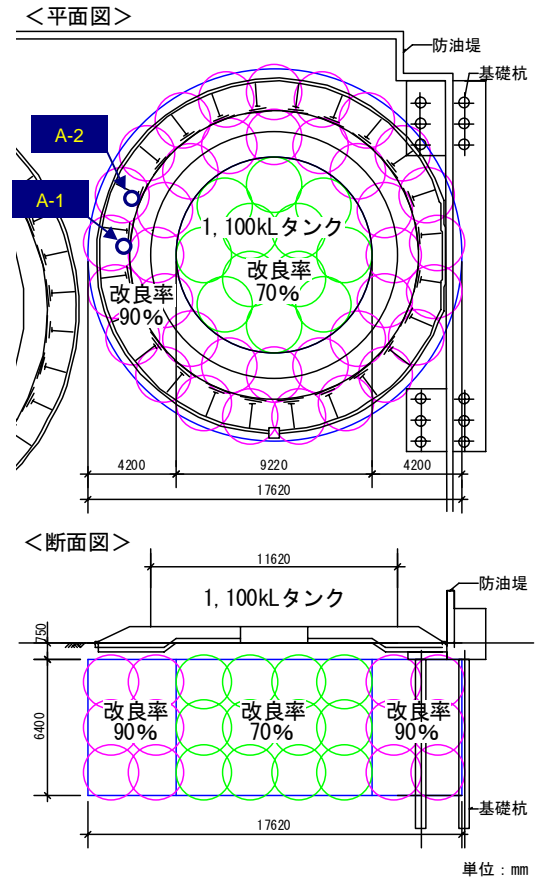


図 1 改良体配置図

3. 試験項目および方法

室内土質試験は一軸圧縮試験と非排水繰返し三軸試験を実施した。一軸圧縮試験においてはひずみ速度を 1%/min とした。また、非排水繰返し三軸試験においては、背圧 196kN/m^2 , 圧密応力 98kN/m^2 とし、周波数 0.01Hz の正弦波により応力制御で繰返しせん断した。

4. 試験結果

①一軸圧縮試験 上中下, 3 段の改良体で得られた一軸圧縮試験結果を表 1 に示す。今回得られた一軸圧縮強さの平均値は $130 \sim 193\text{kN/m}^2$ となっており、設計基準強度 ($=70\text{kN/m}^2$) 以上であることが確認された。

②非排水繰返し三軸試験 本報告では、例として GL.-2.5m から採取した改良土の試験結果について取り上げる。図 2 に両振幅軸ひずみと繰返し回数の関係を、図 3 に改良土の軸差応力～軸ひずみ関係を示す。なお、図 2 には改良前の採取試料により得られた結果も示してある。改良前では両振幅軸ひずみが繰返し回数に対して単調に増加し、15 回目で 12% 程度に達したのに対して、改良土では応力～ひずみ関係においてサイクリックモビリティを呈するが、

表 1 一軸圧縮試験結果

改良体	GL. (m)	平均 q_u (kN/m^2)	平均 E_{50} (MN/m^2)
上段	-1.8～-2.8	130	7.4
中段	-3.8～-4.8	147	10.1
下段	-5.8～-6.8	193	20.4

キーワード 液状化, 注入固化, 一軸圧縮強さ, 繰返しせん断, 構成式

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 TEL 045-814-7236

1 回目で 1%程度発生した後の両振幅軸ひずみは微増を続けるのみであり、改良土が靱性の高い材料であることが確認された。さらに、図 4 に示した改良土の有効応力径路では、ひずみが抑制されるのに対応して平均有効応力の減少量は徐々に小さくなっていることが分かる。ここで、改良土でひずみの発生が抑制されるのは、既往の研究²⁾で指摘されているように、繰返しせん断にしたがい変相応力比が減少して、正のダイレイタンスが發揮される領域が拡大したことが要因として考えられ、図 4 においては 1 回目と 2 回目の圧縮側でそれが顕著に見られる。

5. シミュレーション解析

上述の非排水繰返し三軸試験の試験結果に対し、岡・山崎ら(2003)による弾塑性構成式³⁾を適用したシミュレーション解析を試みた。この弾塑性構成式は、砂質土の非排水繰返しせん断特性を表現できるモデル⁴⁾に対し、注入固化改良地盤の挙動を模擬できるように拡張されたものである。表 2 にパラメーター一覧を、図 5 にシミュレーション結果を示す。シミュレーション結果は、繰返し回数の増加に伴ってひずみの発生が抑制され、平均有効応力の減少量が徐々に小さくなるという改良土特有の挙動が再現できている。

表 2 パラメーター一覧

e_0	λ	κ	G_0/σ'_{m0}	OCR*	M_m^*	M_f^*	B_0^*	B_1^*
0.800	0.0028	0.0018	975	1.4	0.909	1.336	1800	18
C_f	D_0^*	n	γ_r^{ps}	γ_r^{es}	b_0	α_1	α_2	
100	1.0	3.0	0.0025	0.01	23.8	10.0	5.0	

6. まとめ

今回、旧法タンク基礎地盤において注入固化工法により液状化対策工事が実施され、改良地盤から採取した試料により改良土の特性を調べることができた。本工法は、既設構造物周辺地盤に対して有効な方法であり、今後適用される頻度がますます多くなると思われる。今後とも改良土のデータを蓄積していく予定である。

参考文献 1) 佐藤ら：旧法タンクにおける注入固化工法による液状化対策の施工，土木学会第 62 回年次学術講演会，投稿中。 2) 岡・小高ら：現地採取砂の浸透注入改良供試体の液状化抵抗について，土木学会第 58 回年次学術講演会，III-615，pp.1229-1230，2003。 3) 岡・山崎ら：浸透注入改良砂の繰返し弾塑性構成式とその液状化解析への適用，土木学会第 58 回年次学術講演会，III-616，pp.1231-1232，2003。 4) Oka, F. et al. : A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic-strain dependence of the shear modulus, Geotechnique, Vol.49, No.5, pp.661-680, 1999.

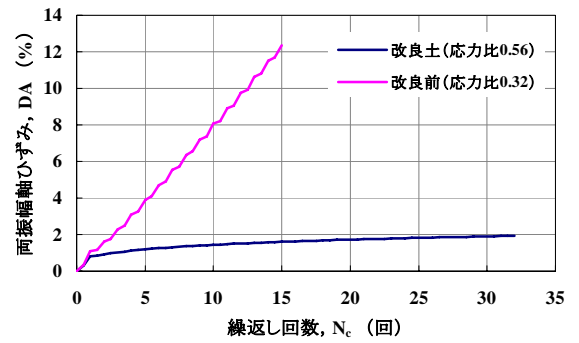


図 2 両振幅軸ひずみと繰返し回数の関係

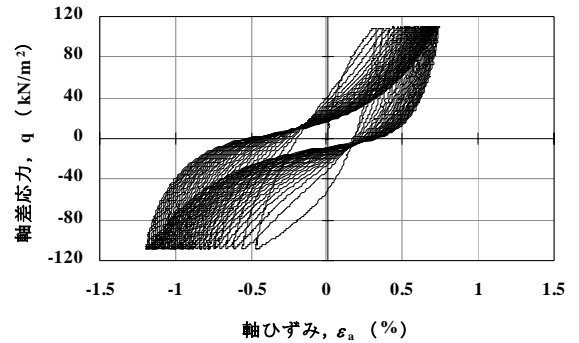


図 3 軸差応力～軸ひずみ関係

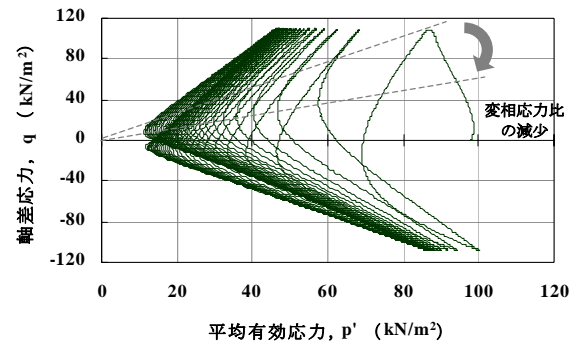


図 4 有効応力径路

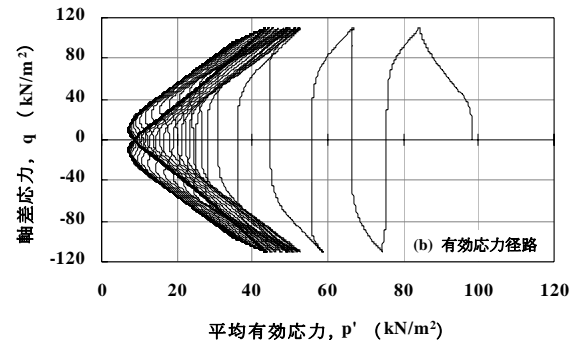
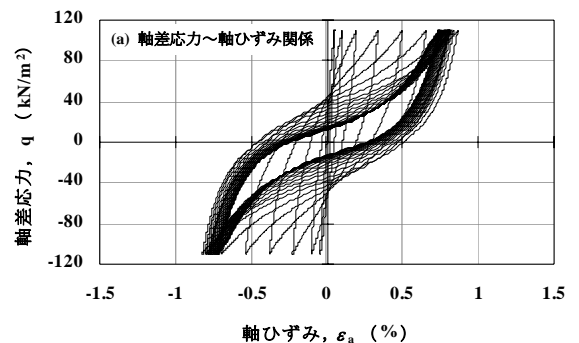


図 5 シミュレーション解析結果