

画像変位計測を用いた新しい薬液注入施工管理の実証的検討

前田建設工業株式会社 正会員 ○川西敦士
 前田建設工業株式会社 正会員 坂藤勇太
 前田建設工業株式会社 非会員 岡本英彦

1. はじめに

筆者らは、液状化対策工事で用いられる薬液注入に対する施工管理の一つとして画像変位計測による自動施工管理を試みた。一般的に、薬液注入の変位計測は、注入施工日、施工前・施工後に行うことが多い。最近では、自動追尾システムを用いた連続計測も可能ではあるが、機械が高価であることから注入量が比較的小さい小規模な施工の場合には適用が難しい。そこで、筆者らは、安価に高精度な計測が可能かつ薬液注入施工機との連動施工が可能なシステムとして、画像変位計測を用いた。本稿では、多点に同時に連続計測が可能な画像変位計測を用いて、薬液注入時に基準値を超えた変位が生じた場合には、注入材を自動停止させるシステムの実証的検討について報告する。

2. 工事概要

本工事は、湾岸埋立地における民間施設のパイプラック基礎直下の液状化対策として、薬液注入工法の一つである浸透固化処理工法を採用した。本工事は基礎断面概要および注入概要を図-1に、基礎平面配置概要を図-2に示す。液状化対策厚さは、「高圧ガス設備等耐震設計指針（レベル2耐震性能評価）」に準じ、下式に基づくめり込み沈下量の算定式により設定した。また、液状化対策に必要な強度として、 $q_{uck}=90\text{kN/m}^2$ を設定し、事前室内配合試験結果よりシリカ濃度8%で施工を行った。

$$S_E = \mu_h \cdot q_i \cdot \sqrt{A_i} / E_i$$

ここに、

S_E : めり込み沈下量

μ_h : 地盤ポアソン比, 厚さ, 基礎底面形状から決まる係数

q_i : 各液状化層に作用する荷重

A_i : 分散に伴う各液状化層の占める面積

E_i : 液状化後のヤング係数 ($=2800 \times N \times \alpha$)

α : 液状化後の剛性低下率

3. 画像変位計測を用いた自動施工管理概要

薬液注入時のパイプラック基礎の変位測定には、通常のレベル計測に加え高性能カメラによる画像変位計測¹⁾を用い、注入機械と連動した自動施工管理を行った。画像変位計測の特徴としては、①0.1mmの高精度で3次元測定可能であること、②高性能カメラ認識範囲内での多点計測が可能であること、③複数点での同時計測および連続計測が可能であること、④夜間計測では自発光マーカーによる計測が可能であることが挙げられる（写真-1）。

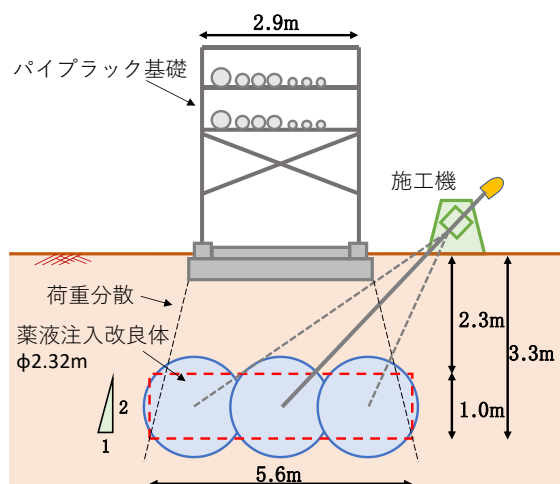


図-1 基礎断面概要および注入概要

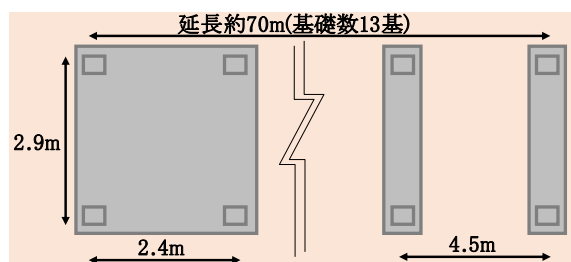


図-2 基礎平面配置概要

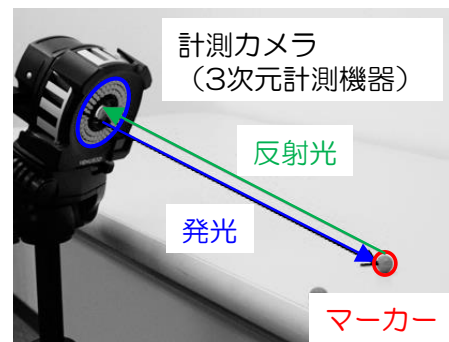


写真-1 画像変位計測概要

キーワード 液状化対策, 浸透固化処理工法, 画像変位, 自動計測管理

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業(株)土木事業本部土木設計部 TEL03-5276-5166

これら画像変位計測による 3 次元座標算出から、基準鉛直変位を超えると自動的に施工停止となる薬液注入自動制御システムを開発した。具体的には、注入ポンプと施工機の間注入材リターンバルブを設置し、このリターンバルブと薬液注入自動制御システム(図-4)を連動させることで、基準鉛直変位を超えた場合には、注入材が作液プラントへ送られる仕組みである(図-3)。薬液注入自動制御システムの特徴としては、①細分化した変位と注入時圧力を連動監視することで、薬液注入時の高精度な状態監視が可能、②変位状態の遠隔監視により変位異常時には携帯端末への情報送信も可能、④データ記録は電子データで保存可能、④本システムの設置は全ての薬液注入工法に適用可能である、ことが挙げられる。

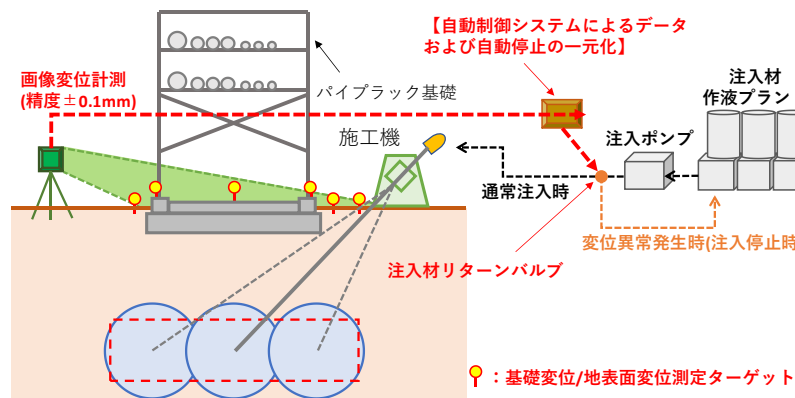


図-3 薬液注入自動制御システム全体フロー



図-4 自動制御画面

4. 施工結果

画像変位計測と自動制御システムを用い、基礎の鉛直変位を高精度かつ連続的に計測することで、基準値を超えた変位は発生しなかった。画像変位計測による鉛直変位計測状況を図-5に、基礎に貼り付けたマーカーを写真-2に示す。また、注入完了後にボーリングによるコア採取を行い、一軸強度試験では設計基準強度 $q_{\text{uck}}=90\text{kN/m}^2$ に対して若干強度不足のコアがあったが、浸透固化処理工法技術マニュアルに基づくシリカ含有量試験²⁾により改良前後のシリカ含有量を測定することで、十分な改良効果が得られていたことを確認した。

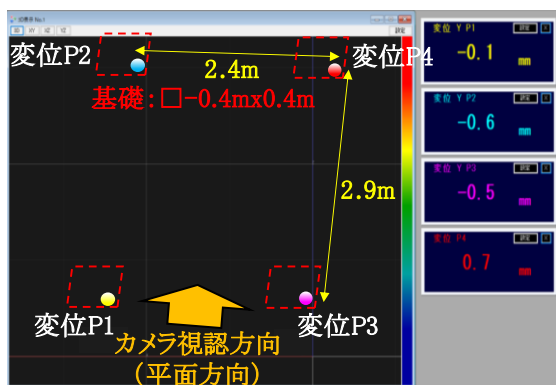


図-5 画像変位計測による鉛直変位計測状況



写真-2 基礎に貼り付けたマーカー

5. まとめ

本稿では、パイプラック基礎直下の薬液注入施工管理方法の一つに画像変位による施工管理を紹介した。このような基礎直下での薬液注入では、ちょっとした地中の応力状態によって、注入中の地盤変状が発生する可能性が高く、高精度で3次元変位が測定可能な画像変位によって、変位発生初期段階を把握することで、施工を進めながら変位抑制対策を進めることが可能になると思われる。今後類似工事において、このような施工管理方法が参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 佐藤真平：従来技術を応用した新 3 次元モーション計測システムの紹介, 映像情報 industrial, 2013.2
- 2) 浸透固化処理工法技術マニュアル, (財)沿岸技術研究センター, 2010.6