

# 高压噴射攪拌工法による頭部を連結させた改良体の耐震補強効果について

杭状改良体 表層改良 耐震補強

ケミカルグラウト 正会員 ○川村 淳  
ケミカルグラウト 正会員 荒木 一弘  
中央大学研究開発機構 国際会員 石井 武司  
中央大学 国際会員 齋藤 邦夫

## 1. はじめに

災害時の輸送・救援活動における拠点として空港・港湾施設が注目され、地盤改良による液状化対策・耐震補強が進められている。例えば、空港施設においては、滑走路や、誘導路等、港湾施設では、護岸背面の裏込め、タンク周辺地盤などが改良対象となる。

改良は、対象土層とすれば確実ではあるが、コストが課題となる。このため、低改良率で効果的な対策工法の研究や実験が進められている。そのひとつが高压噴射攪拌工法（ジェットグラウト工法）である。この工法は、対象となる地盤中にセメント系固化材を 30MPa もしくは 40MPa の高压で噴射攪拌して柱状の改良体を造成するものである。そこで本研究では、高压噴射攪拌工法による低改良率の改良体の耐震補強効果について有限要素法（FEM）を用いて数値実験を行った。

対象とされる埋土は、ゆるい砂質土層の場合が多く、液状化の発生が懸念される。そのため、2次元の動的有効応力解析プログラム FLIP を用いて液状化解析を行った。

対策工に求められる性能は、液状化を防止するとともに、構造物に伝播する加速度の抑制、構造物の変位の抑制等である。これに対する効果を判定するため、本文では、地震中の過剰間隙水圧比と加速度、地震中および地震後の水平・鉛直変位に着目した。

## 2. 原地盤と改良配置

### 2.1 原地盤の地盤条件

検討対象地盤は、液状化の可能性のある軟弱な沖積層を想定し、道路橋示方書・同解説に基づき、各物性値を決定した。道路橋示方書では、地盤の特性値  $T_g$  が 0.6 以上になる地盤を、軟弱な沖積層を示す耐震設計上のⅢ種地盤として分類している。この地盤の特性値  $T_g$  は式(1)で表される。また、道路橋示方書では、式(2)を用いて近似的に地盤種別を区分できるとしている。そこで、式(1)および式(2)を満足するよう沖積層厚  $H_A$  を 25m、かつ特性値  $T_g$  が 0.6 となるよう地盤を設定した。対象としている空港や港湾施設における埋土層は一般に 10m 程度の深度であるため、砂質土層を地表から 10m とし、GL-10m から GL-25m までは正規圧密粘性土層が分布するという地盤構成にした。N 値は式(3)および式(4)を使用せん断波速度  $V_s$  より算出した。設定した地盤条件を表-1 に示す。

### 2.2 改良体配置と強度の設定

地盤は地震時にせん断ひずみが発生し、液状化し、上昇した過剰間隙水圧の消散により沈下する。したがって、砂地盤においては液状化を防止することで、残留変位自体も低減できると考えた。そこで、せん断ひずみの発生を抑制し、液状化を防止するために、液状化層に剛性の高い改良体を配置する。剛性の高い改良体は地盤と比較して変形しにくいため、その周囲の地盤のせん断ひずみを減少させる効果があると考えた。本検討では、高压噴射攪拌工法によって作成される円柱状の改良体を杭状に配置する。格子状改良では必ずラップ配置となるが、杭状配置ではそのラップ部分がないため、効率的であると考えた。

また、杭状改良体は改良範囲に改良率 40% で配置する。これは格子状改良の改良率の目安が 50% 程度とされていることから、経済性を考慮し、それを下回る改良率に設定した。杭状配置のため、杭間の地盤のすり抜け等が懸念されるが、それを防止するために、平面的に千鳥配置とした。千鳥配置であれば、どの方向で加振されても、弱点となるような方角がないため、地震動に対しては強い構造である。

$$T_g = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \geq 0.6 \quad (\text{Ⅲ種地盤}) \quad (1)$$

$$H_A \geq 25(m) \quad (\text{Ⅲ種地盤}) \quad (2)$$

$$V_s = 80 N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \quad (\text{砂質土}) \quad (3)$$

$$V_s = 100 N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \quad (\text{粘性土}) \quad (4)$$

ここで、

$T_g$ : 地盤の特性値 (s) ·  $H_i$ :  $i$  番目の地層の厚さ (m)

$V_{si}$ :  $i$  番目の地層の平均せん断波速度 (m/s)

$i$ : 地表面から耐震設計上の基盤面まで  $n$  層に区分される時の地表面から  $i$  番目の地層の番号

$H_A$ : 沖積層厚 (m) ·  $N_i$ :  $i$  番目の地層の平均 N 値

表-1 検討対象地盤

土層	深度 h(GL-m)	せん断波速度 Vs(m/s)	N 値
液状化層 (砂質土層)	0~10	167	9
非液状化層 (粘性土層)	10~25	167	5