

空洞拡張理論を用いた液状化対策効果に関する基礎的研究

金沢大学大学院環境デザイン学専攻 学生会員 ○芹川 由布子
 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 正会員 宮島 昌克

1. はじめに

2011年東日本大震災では、東京湾沿岸部や利根川流域において甚大な液状化被害が発生し、今まで液状化対策が十分に行われていなかった戸建住宅に対する液状化対策技術が求められるようになった。

(株) エムエルティーソイルが開発したMLT工法では、杭打設時の空洞拡張による杭周辺地盤の密度増大効果が見込まれる。MLT工法とは図-1に示すような圧縮翼をもつ特殊な不連続オーガースクリューにより掘削土砂を孔壁に押し込み、孔壁を自立させる工法である。孔壁を強固な状態に改良しながら杭孔を造成していく工法であるため杭の本数を減らすことができ、かつ、産廃処理を不要とするので環境にも配慮した工法であるといえる。無振動・低騒音・無粉塵であり、住宅地での施工が可能である¹⁾。

本研究は、杭孔の掘削に用いられてきた本工法を宅地における液状化対策として活用することを目的としており、その有用性の確認のため空洞の拡張による相対密度の増加範囲についての検討と液状化指数の評価を行う。

2. 空洞拡張理論

(1) 空洞拡張後の地盤の改良度

半径 r_0 の削孔を半径 r_1 まで拡張した場合の地盤の改良度を N 値の増加量をもとに考える。空洞拡張後の体積変化に伴い、間隙比が e_0 から $e_0 - \Delta e$ に変化したとすると、変化後の相対密度 D_r' 、および N 値(N')は以下のとおりとなる。

$$D_r' = \frac{e_{max} - (e_0 - \Delta e)}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

$$N' = (0.7 + \sigma_v) \cdot (D_r'/21)^2$$

空洞拡張により地盤の間隙比は減少するが、その度合いは孔壁に近いほど大きく、孔壁より遠くなるほど小さくなると考えられる。間隙比の減少は孔壁からの距離の2乗に比例すると仮定し、対策の影響範囲 R 内における N 値の増加分を算出する。これらの結果を用いて液状化地盤の改良度を評価する。

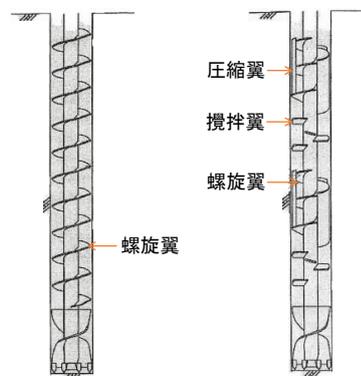


図-1 従来オーガースクリュー (左) と不連続オーガースクリュー (右)

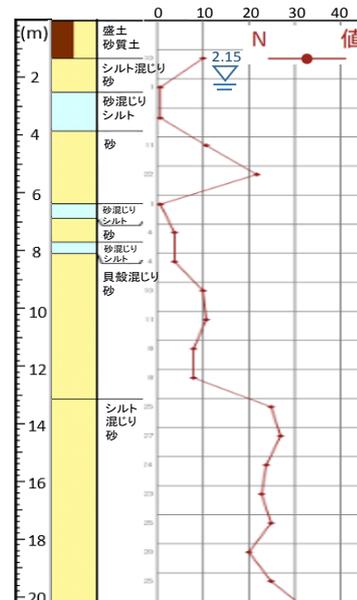


図-2 ボーリング柱状図²⁾

(2) 熊本市南区における対策効果の検討

2016年熊本地震で液状化被害が発生した熊本県熊本市南区について、本工法を施工した場合の地盤の改良度を評価し対策効果の検討を行った。国土交通省が提供しているボーリングデータ(図-2)²⁾を用いて空洞拡張後の理論値 N' を算出する。この結果をもとに液状化指数 P_L を算出し、液状化の危険性について評価する。対策効果の影響範囲を R とし、空洞中心からの距離 r 地点での地盤の改良度についての考察を行う。面的な対策効果の評価を行うために打設間隔についても検討する。

a) 影響範囲 R の検討

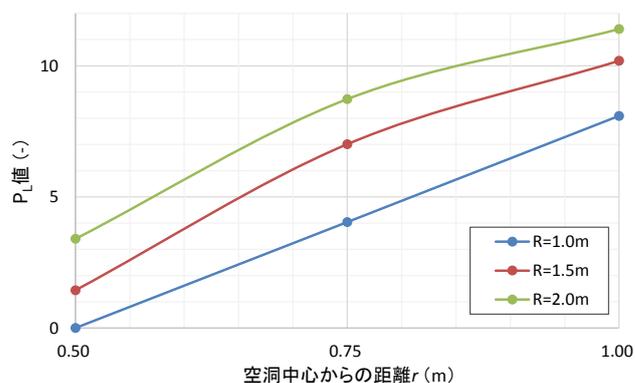
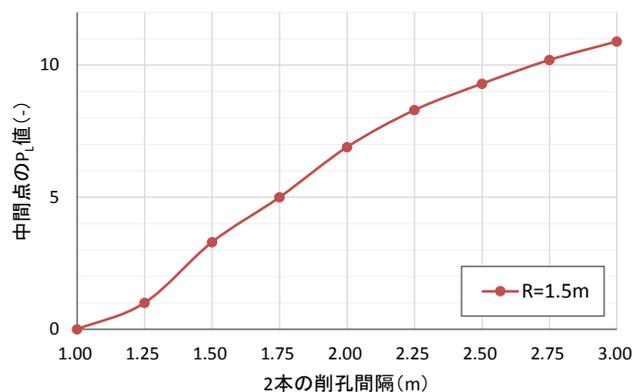
削孔には前章のオーガスクリーパーを用いることとし、貫入後の口径を 0.550m 、したがって半径 r_1 は 0.275m となる。対策の影響範囲 $R=1.0\text{m}$, 1.5m , 2.0m と仮定し、空洞拡張後の空洞中心からの距離 r における N 値の増分 ΔN を求める。対策後の N' の値を用いて液状化指数 P_L 値を算出し、液状化危険度の評価を行い地盤の改良度を検討する。 $r=0.50\text{m}$, 0.75m , 1.00m の3地点における対策後の N' の値をそれぞれ 20m の深度まで求め、液状化指数 P_L 値を算出した。

図-3 に空洞中心からの距離 r における P_L 値の算出結果を示す。対象地点のボーリングデータの実測 N 値から P_L 値を算出したところ、 15.0 であり液状化の可能性が高い地盤であることがわかっている。一般的には $0 < P_L \leq 5$ の場合、「液状化の危険度は低い」と判断される。 $r=0.50\text{m}$ については全ケースとも範囲内に入っており液状化対策として有効であると考えられる。 R が大きくなるに従い、対策効果は小さくなるという結果が得られた。これより、本工法を用いて改良を行うことにより P_L 値が減少し、液状化の可能性が低くなることを理論的に表せることが明らかとなった。なお、 R の範囲については今後実験などによって定量的な検討を行う必要がある。

b) 削孔間隔の検討

$R=1.5\text{m}$ と仮定し、打設間隔 $1.0\text{m} \sim 3.0\text{m}$ について 0.5m ごとでの対策効果の検討を行った。2本削孔した場合の中間点における N 値の増加分をもとに P_L 値を算出した。

図-4 に削孔間隔と中間点の P_L 値の関係を示す。削孔の間隔が大きくなるにつれて中間点の N 値の増加分は小さくなる。削孔間隔が 1.0m の場合、 P_L 値は 0 となり「液状化危険度はかなり低い」という判定となる。また、削孔間隔が 1.75m の時の中間点の P_L 値は 5.0 となったことから、液状化の危険性が低い地盤に改良するためには、打設間隔を 1.75m 以内にする必要があると考えられる。本工法では削孔を行った空洞内部に碎石等を充填し液状化抵抗の増加を見込む工法を考えている。今後は、空洞拡張による地盤の密度増加に加え、碎石等の過剰間隙水圧消散効果の検討も同時に行う必要がある。

図-3 距離 r と P_L 値の関係図-4 削孔間隔と中間点 P_L 値の関係

3. まとめ

本研究では、空洞拡張理論を用いた理論式をもとに地盤の改良度を評価した。空洞拡張前後の液状化指数 P_L 値を算出した結果、液状化の危険度の低下を定量的に表すことができた。熊本市南区ボーリングデータをもとに行った実地盤における検討では $R=1.5\text{m}$ と仮定した場合、削孔間隔を 1.75m 以内とすれば液状化の危険性が低い地盤となることが示された。

これより、本工法が液状化地盤への対策として有効であることが明らかとなった。今後は間隙比の減少の傾向や、改良の影響範囲 R についての定量的な検討が必要である。

参考文献

- 1) 株式会社エムエルティールソイル：MLT工法，
<http://www.mlt.ecnet.jp/> (2017年6月1日閲覧)
- 2) 全国地質調査業協会連合会：平成28年(2016年)熊本地震復興支援 ボーリング柱状図 緊急公開サイト，
<http://geonews.zenchiren.or.jp/2016KumamotoEQ/webgis/index.html> (2016年5月25日閲覧)