

高圧噴射攪拌工法における多扇形改良の実用化

三信建設工業株式会社 正会員 ○ 新坂 孝志
株式会社エヌ、アイ、ティ 正会員 中西 康晴

1. はじめに

高圧噴射攪拌工法は、スラリー状の硬化材に高い圧力を与えて得られる強力なエネルギーによって地盤を切削破壊し、固化材と地盤とを攪拌混合して地盤を改良するものである¹⁾。従来は開削工事に伴う底盤改良やシールド工法や推進工法の発進・到達の防護工などの適用が多かったが、東日本大震災以降は格子状配置による液状化対策工法としての適用が増加している。これまで格子状配置を行う場合には、円柱状の改良体をラップするように配置して壁状の改良体を構築していた。断面が円形の改良体を壁状に配置した場合、必要とされる壁厚以外に不要な箇所が多数存在しており、経済性や環境面で満足のできるものではなかった。

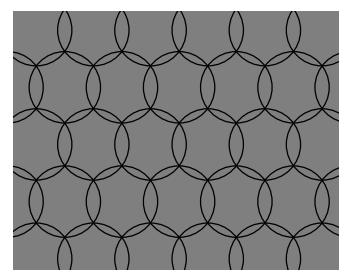
本研究では、この不要な箇所を少なくするために、多扇形(扇形を組み合わせた形状)の改良体を壁状配置にした場合の有効性を幾何学的に検証した。また、多扇形改良を行うための施工機を開発し、試験施工により適用性を確認した。

2. 多扇形改良体

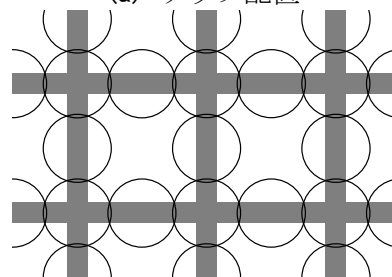
高圧噴射攪拌工法においては、回転しながらスラリー状の硬化材を噴射し改良体を造成する。このため、断面が円形状となる円柱が標準となっている。図-1に示すように、底盤改良を行う際には全面的にラップ配置とするため、密着性も考慮すると円形断面が効率的となる。一方、壁状配置や格子状配置において円形断面の改良体をラップ配置とした場合、必要となる壁厚以外の部分にも改良体が存在するため、不要な箇所が多く発生する。不要箇所が多くなると、必要以上に材料が必要となり、排泥も多く発生するため、経済性に劣るものとなる。また、施工時間も長くなり、環境負荷も大きくなるといった問題があった。

この問題に対し、最近では楕円形断面の改良体を用いて、壁状の構造物を構築することも行われている。この場合、円形断面よりも不要箇所が少なくなる一方で、円形断面と同等の壁厚を確保するためには、配置間隔が短くなるという問題があった。これらの問題に対し、本研究では図-2に示すような扇形を組合せた「多扇形」の断面による改良体の有効性について幾何学的に検討した。

高圧噴射攪拌工法は、吐出圧力、単位時間あたりの吐出量、造成時間など、工法によって様々な仕様が存在する。ただし、同一の高圧噴射攪拌工法においては、これらの仕様を地盤により一定の値として設定されているものが多い。図-3に、各断面形状における回転速度(回転数)の制御イメージを示す。前述の最大径 D_1 は、高圧噴射工法の仕様(能力)により決定され、最小の回転速度として設定される。楕円形断面および多扇形断面における最小径 D_2 は、回転速度を速くすることにより設定できるため、これらの最小径は同じ値とし



(a) ラップ配置



(b) 格子状配置

図-1 円形断面の改良体の配置例

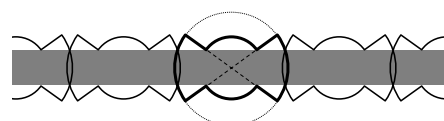


図-2 多扇形断面の改良体の配置例

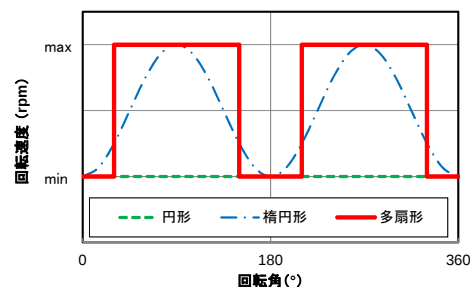


図-3 回転速度の制御イメージ

キーワード：高圧噴射攪拌工法，格子状配置，壁状配置，楕円形，多扇形，マルチファン

連絡先：〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業株式会社 技術本部 TEL:03-5825-3707 FAX:03-5825-3757

た. このとき, 回転速度は最大の回転速度として設定される. 楕円形状では, 回転速度の最大値と最小値の間でサインカーブを描くように連続的に変化させることとなる. また多扇形状では, 断続的に変化させることとなる.

図-4 は, 各断面の最大径 D_1 , 最小径 D_2 , 壁厚 t および配置間隔 L の関係を表したものである. 以降の検討では, 最小径 D_2 を最大径 D_1 で正規化した小径係数 b を用いる. また, 必要壁厚 t を最大径 D_1 で正規化したものを壁厚係数 a とする. この壁厚係数 a と小径係数 b を変化させ, 各断面形状の比較を行った.

図-5 に壁厚係数 a と本数比 n の関係を示す. 本数比 n とは, 同条件の壁厚の改良体を一定の長さ構築するのに必要な本数を示すもので, 円形断面の場合の本数を 1 とした値である. この結果, 多扇形断面では円形断面と同じ本数となるのに対し, 楕円形断面では円形断面や多扇形断面よりも本数が多くなる結果となった.

図-6 に壁厚係数 a と余剰率 β の関係を示す. 余剰率 β とは, 壁体の有効断面以外の部分の面積を壁体の有効断面で除したもので, (1)式により表わされる.

$$\beta = (A_{ig} - A_w) / A_w \quad (1)$$

ここに, A_{ig} : 改良体の断面積, A_w : 壁体の有効断面積である. 壁体の有効断面積 A_w は, 配置間隔 L と壁厚 t の積である. この結果, 多扇形断面の改良体は, 円形断面や楕円形断面よりも余剰率が小さくなる結果となった. つまり, 壁体の構築に不要となる面積(体積)が小さくなることが明らかとなった.

3. 試験概要

多扇形断面改良体を造成するための施工機を開発した. この施工機は, 回転角に応じて回転速度を断続的に変化させる機能を持つものである. この施工機を用いて試験施工を実施した. 写真-1 は, 多扇形改良体の形状を確認した一例である. 本試験施工では, 想定通りの大小2種類の扇形を組合せた多扇形断面の改良体を確認された. 回転速度を変化させた箇所についても, 境界部が明瞭となっており, 回転速度に応じた直径に制御可能であることが確認された.

4. まとめ

多扇形断面による壁式配置および格子状配置の有効性を幾何学的に検証した. この結果, 断面が多扇形の改良体を配置することにより, 従来の円形や楕円形による改良体を配置するよりも不要箇所が少なくなり, また施工本数も増えることなく配置できることが明らかとなった. また, 多扇形改良を行うための施工機を開発し, 試験施工を行った結果, 想定通りの多扇形断面の改良体を構築できることが確認された.

最後に, 本試験施工は千葉工業大学との共同研究の一環として実施した. ここに, 謝意を表する.

【参考文献】

- 1) 地盤工学会: 地盤改良の調査・設計と施工—戸建住宅から人工島まで—, pp.145-152, 2013.

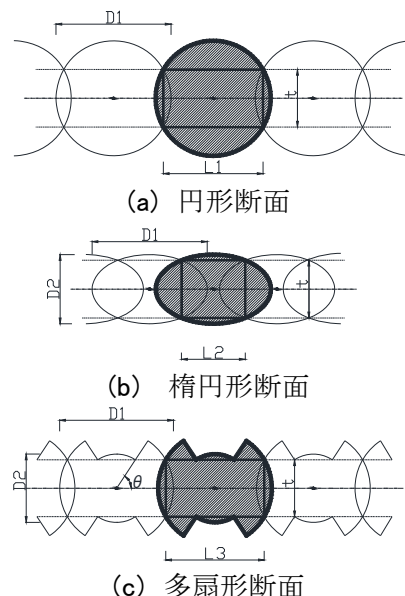


図-4 壁状配置における各断面形状の関係

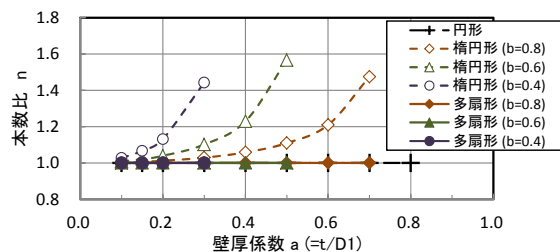


図-5 壁厚係数 a と本数比 n の関係

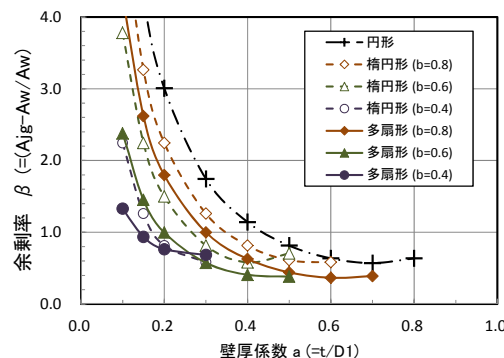


図-6 壁厚係数 a と余剰率 β の関係



写真-1 試験施工における多扇形改良体