

VI-212 機械攪拌式限定地盤改良工法（Bottle工法）の開発 － 機械・装置および施工システム －

清水建設(株)	正会員	清水勝美
清水建設(株)	フェロー	渡辺俊雄
日本基礎技術(株)	正会員	竹石峰也
日本基礎技術(株)		鬼木謙児
三井造船(株)		北川順矩

1. 概説

筆者らは、攪拌軸に油圧開閉式攪拌翼と先端オーガヘッドを装着することにより、1台の機械で硬い表層下の限定地盤改良を可能とした工法『機械攪拌式限定地盤改良工法（Bottle工法）』を開発した¹⁾。また本工法は、全油圧駆動方式を採用して高回転トルクが得られるため、N値20程度の硬質砂地盤の液状化対策についても対応できる工法である。本報では、Bottle工法の開発の背景、機械・装置および施工システムに関して述べ、本工法の有効性を確認するための実証試験については別紙²⁾に譲る。

2. 開発の背景

臨海部や河川流域の埋立て地盤において、改良が必要な地盤の表層部には、玉石や碎石などが混入していたり、硬質であるため改良の必要がない場合が多い。機械攪拌式の深層混合処理工法は経済的で施工実績が多い工法であるが、このような地盤の改良に適用する場合、攪拌翼が固定されているため表層の攪拌が困難となり、別の機械であらかじめ先行削孔して表層をほぐす必要があった。このため、1台の機械で硬質な表層の削孔とその下の地盤改良を可能とする効率的な深層混合処理工法が必要となってきた。

一方、阪神大震災など近年の大地震による液状化の発生事例を見ると、N値20～25程度の比較的硬質な砂地盤でも液状化発生の可能性が否定できなくなり、このような地盤に対しても有効な地盤改良工法の開発が要望されてきた。

上記の点を考慮して、次に示す特徴を有する限定地盤改良工法を開発の基本方針とした。

- (1) 硬い表層下の軟弱地盤の改良において、1台の機械で「表層の削孔」と「地盤改良」を可能にする。
- (2) 高強度の改良体を確実に造成できる機械攪拌方式とする。
- (3) N値20程度の比較的硬質な砂地盤の液状化対策に対応できる。
- (4) 小型で機動性を高くして、都市域や低空頭などの狭隘な場所での地下工事に対応できる。
- (5) 地球環境に配慮して、排泥や掘削残土などの産廃処分量を少なくする。

3. 工法の概要

3.1 機械および攪拌装置

地盤改良機械は、ベースマシンに高出力の全油圧駆動方式を採用し、開閉可能な攪拌翼と硬質地盤を削孔できる先端オーガヘッドを装着した深層混合処理機である。Bottle工法の掘削機械および攪拌装置の仕様を表-1に示す。掘削機械は1軸掘削機であり、図-1に示すように攪拌軸に上下2段に2枚ずつ計4枚の攪拌翼を装着している。削孔径は0.5m、拡翼時の径は1.26mで、拡径率（拡翼径/削孔径）は2.5である。これより、改良面積は1.25m²となる。

表-1 ベースマシンおよび攪拌装置の仕様

ベ ー ス マ シ ン	全 装 備 重 量 (tf)		37.5 (揺動機除く)
	運 搬 時 重 量 (tf)		30.0
	掘 進 機 構	駆 動 方 式	油圧モーター
		最大トルク (tfm)	3.5 / 7.0
		回 転 数 (回/分)	40 / 20
	速度 (m/分)	改良不要部 (削孔時)	1.5
改良部 (攪拌混合時)		1.0	
攪 拌 装 置	開 閉 方 式		油圧シリンダ
	削 孔 径 (m)		0.5
	拡 翼 径 (m)		1.26
	攪 拌 翼 枚 数 (枚)		4

キーワード：深層混合処理工法、部分改良、技術開発、機械、液状化

〒105-07 東京都港区芝浦1-2-3 TEL 03-5441-0111 FAX 03-5441-0540

〒150 東京都渋谷区桜丘町15-17 TEL 03-3476-5701 FAX 03-3476-4551

〒104 東京都中央区築地5-6-4 TEL 03-3544-3460 FAX 03-3544-3125

ベースマシン（写真-1 参照）は重量37.5tfと軽量であるため機動性が高く、出力は油圧により最大トルク7tfm、回転数40回/分で、高出力・高速回転が得られる。上下方向の速度は、改良不要部の削孔が最大1.5m/分、改良部の攪拌混合が1.0m/分である。攪拌翼は図-2に示すように油圧シリンダの伸縮による開閉機構を有し、写真-2に示すように攪拌翼は開閉する。また、オーガヘッドを換えることにより、種々の硬さの改良不要層（礫層、碎石層、砂層、粘性土層など）の削孔に対応できる。

3.2 施工システム

図-3はBottle工法による地盤改良の施工手順を示したものである。まず、攪拌翼を閉じて小口径で改良不要層を削孔し、改良を必要とする地層で攪拌翼を拡げて地盤改良（攪拌混合）を行う。改良範囲の下端に達した時点で先端処理を行い、引上げ時には攪拌軸を逆回転させて攪拌混合を行う。これにより、改良深度1m当たりの羽根切り回数は320回（攪拌翼4枚、回転数40回/分、上下1往復の攪拌）となり、所定の品質の改良体が造成できる。

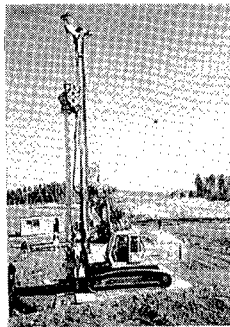


写真-1 ベースマシン全景

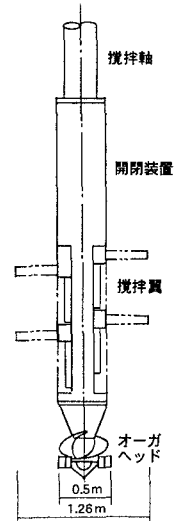


図-1 攪拌装置

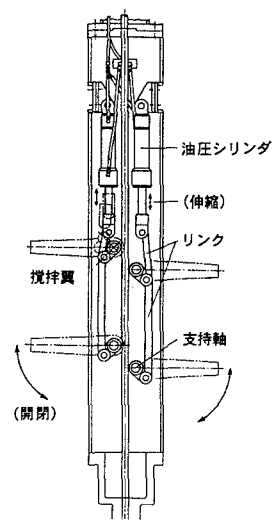


図-2 攪拌翼の開閉機構

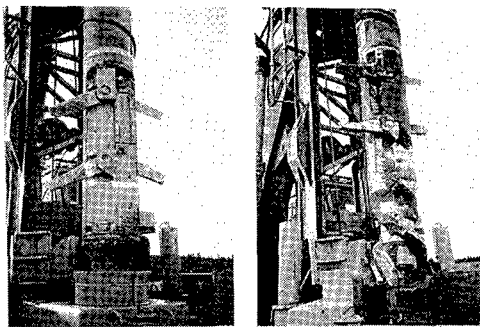


写真-2 攪拌翼の開閉状況

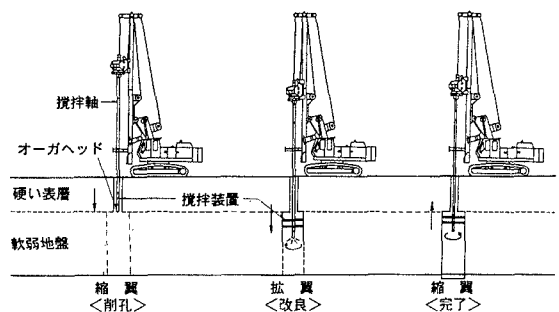


図-3 Bottle工法の施工手順

4. 今後の課題

Bottle工法の有効性を確認するために実証試験を行った²⁾。本工法は、従来工法で先行削孔が必要な硬質地盤の下地盤改良、ならびにN値20程度の砂地盤の液状化対策として経済性の高い工法であるが、今後は一般地盤の限定地盤改良においてもその優位性を確保できるような汎用性の高い工法にしていきたい。

最後に、本工法の開発にご協力を頂いた方々に対して、ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 清水勝美、上村一義、竹石峰也、寺戸康隆、中村 勝、北川順矩：機械攪拌式限定地盤改良工法(Bottle工法)の開発、第32回地盤工学研究発表会、平成9年7月。
- 2) 竹石峰也、飯田信男、清水勝美、草刈太一、中村 勝：機械攪拌式限定地盤改良工法(Bottle工法)の開発－実証試験結果－、土木学会第52回年次学術講演会、平成9年9月。