

VI-130

水平方向の攪拌混合式地盤改良工法の開発（その1）

東急建設株式会社 正会員 伊藤 久雄
同上 正会員 鈴木 祥三
同上 上條 俊一
鉦研工業株式会社 吉岡 四郎

1. はじめに

数有る山岳トンネル工法の先受け工のなかで、比較的成本が安価な機械式攪拌混合の地盤改良工法を、土砂トンネルの先受け工として適用を試みた。我々は、切羽前方地山への補助工法として、攪拌混合方式の水平地盤改良を、先受け工（攪拌混合式ジオパラソル工法）として用いるための開発を進めている。今回、地山性状（土砂地山を対象：N値 50 以下）への対応範囲が比較的広く、削孔・改良体造成径の断面変化（ $\phi 250 \sim \phi 600\text{mm}$ ）が可能な拡翼ビットと周辺装置の開発について報告する。

2. 機器の構成

本工法は、拡翼ビットを主装置とした攪拌混合工法である。汎用機械であるアロードリル（鉦研工業製）を動力とし、拡翼ビット、拡縮制御装置および注入装置等からなる。拡縮機構の基本は、ロッドの二重管構造を利用し、外管と内管の摺動により先端部拡翼ビットが拡縮する機構である。

土砂地山トンネルへの幅広い対応と削孔速度の効率アップのため、パーカッション削孔が可能な能力を有する必要があった。このため、拡翼部の回転モーメントに対する剛性を $400\text{kgf}\cdot\text{m}$ （N値 20～30 の地山で径 600mm、延長 30m 程度の削孔能力に相当）とし、固結シルト（土丹）でも最大径 $\phi 600\text{mm}$ の削孔が可能となるビットを完成した。また、内管の内部には、 $\phi 60\text{mm}$ 程度の芯材を挿入することが可能な構造を有している。

さらに、拡大削孔時に先端切削部と外管ロッド削孔軸のずれ防止と水平方向改良時のパッカー効果を目的とした二分割のスタビライザを装着した。

先端摺動部は、拡大削孔時の偏心力を考慮し曲げ剛性で有利な六角形状とし、駆動力伝達用の内・外管を含めた鋼管の材質は、クロムモリブデン鋼（SCM435, HRB106.5）とした。

3. 施工方法

水平方向の攪拌混合を施工する場合、水平方向に $\phi 250\text{mm}$ で清水による先行削孔した後、セ

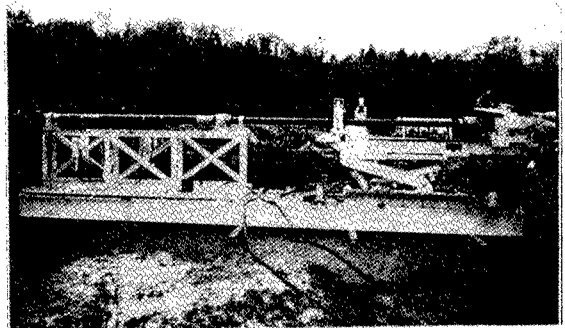


写真-1 削孔機全景

表-1 主な特殊装置

名 称	仕様・機能	備 考
拡翼ビット (削孔径 $\phi 250 \sim 600$)	ウイングビット：3枚 先端捨てビット	耐力 ($400\text{kgf}\cdot\text{m}$)
二分割 スタビライザ	スタビライザ、 ($\phi 250$ 用、2箇所)	二分割 ボルト連結構造
チャック式 ウォータスイベル	回転ロッドの固定、 給進力の伝達 ロッド管の切り離し	回転、打撃に対する 止水機能
ロッド (P133, P96)	外管：摺動部の固定 内管：動力伝達、 摺動拡径	外径 内径 P133 133 106 P 96 96 69
クランプ& ブレーカ装置	外管の固定 外管の取り外し	

キーワード 先受け工、水平地盤改良、拡翼ビット

〒150-8340 渋谷区渋谷 1-16-14 TEL 03-5466-5267 FAX 03-3406-7309

メント系固化材を同時注入しながら $\phi 250 \sim \phi 600 \text{mm}$ への拡大削孔を行い、所定の拡孔径となった時点で内外管を固定し、引き抜き拡大削孔を行いながら削孔スライムと固化材を攪拌混合して改良体を造成する。この時、削孔精度の確保、固化材の流出防止、混合体の加圧機能を有するスタビライザを外管に2ヶ所設置する。今回の実験では、削孔作業は市販の機械とロッドを使用するため、1.0mロッドの接続により所定の位置まで削孔し、拡径および改良体の引き抜き造成作業も同様に1.0m毎のロッド切り離し作業となる。

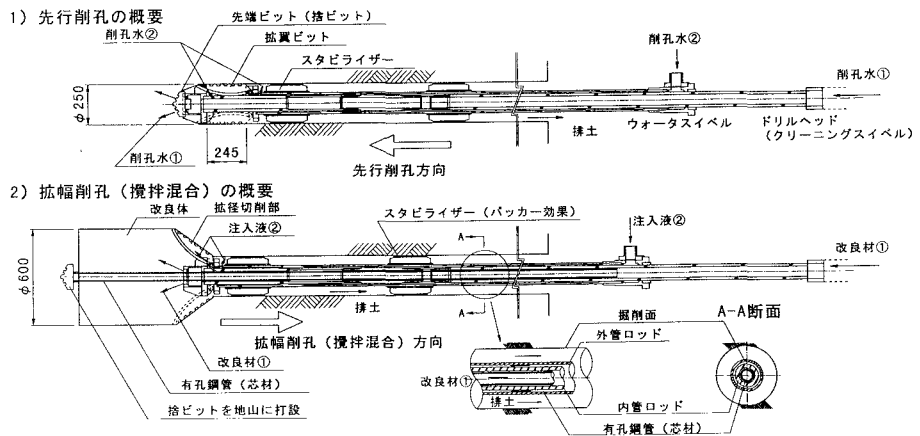


図-1 施工概要図

4. 実験結果

改良体造成実験の土質は、過去2回の実験結果（砂質土N値30程度でのウィング部耐力実験、土丹N値50程度で $\phi 600 \text{mm}$ の削孔能力実験）を踏まえ、最も改良体の強度が低下すると想定される粘性土を対象とした。対象土質の物性値と固化材の配合は以下の通りである。

表-2 対象土質の定数

地層名	N値	単位体積重量 (tf/m^3)	粘着力 (tf/m^2)
新期ローム	7~8	1.46	14.5

表-3 配合表(1m^3 当たり)

項目	固化材:C (kgf/m^3)	水:W (L/m^3)	W/C(%)	目標圧縮強度 (kgf/cm^2)
改良削孔	350	210	60	20以上

※セメント系固化材比重: 3.02

表-4 NO.2 試験体実験結果(削孔長6.1m、改良体造成長5.0mの平均)

削孔の種類	削孔の径(mm)	削孔速度 (m/min)	吐出量(L/min)	拡大削孔速度(m/min)		ドリル回転数 (rpm)	羽切り回数 (回/m)	造成体の固化材占有率(%)	一軸圧縮強度 (kgf/cm^2)
				引き抜き速度	練り返し速度				
先行削孔	250	0.102	11.0(清水)	—	—	80	—	—	—
攪拌混合	600	—	10.2(固化材)	0.107	0.313	40, 80, 80	885	47.40%	24.3~73.5

※一軸圧縮強度試験は、 $\phi 50 \text{mm}$ のコア採取試料により実施した。

- $\phi 250 \sim \phi 600 \text{mm}$ への拡径は、バックハンマーを使用することによって容易に拡径が可能である。
- 2分割スタビライザの取付により、長距離削孔時の偏心力の発生を解消することが可能である。
- 口元部分より硬練り状のソイルセメントが押し出されることから、造成体内を加圧状態とすることが可能である。
- 造成体を掘り出した後の出来形検測から、所定の $\phi 600 \text{mm}$ 造成体が確認できた。

5. おわりに

この拡径装置を使用した機械式攪拌混合により、水平方向地盤改良が可能であることがわかった。今後、品質の確保と施工性も考慮した開発を進めたい。