

14. 硬質岩盤用地下連続壁掘削機の開発

鹿島建設(株) 藤 井 俊 輔

1. はじめに



地下連続壁工法が、我が国に導入されてから30年以上経過し、その間施工機械、壁体の設計、構造および施工法等に研究、開発が行なわれ、数多くの実績をあげており、いまや元祖のヨーロッパの技術を凌駕するまでにいたった。

地下連続壁は、従来主として仮設構造物として工留、遮水壁に利用される実施例が多い。したがって対象土質は、砂、砂礫、シルト等であり、硬質岩盤、岩盤での実施例は少なかつた。

最近原子力発電所、地下タンク、ダム等で岩盤まで根入させた遮水壁、土留とともに本体構造壁を兼ねた施工のニーズが多くなりつつある。これらのニーズに対応すべく、硬質岩盤を能率よく、パネル壁面で掘削し得る地下連続壁用掘削機を開発し、その成果をあげたのでその概要について報告する。

2. 硬質岩盤用地下連続壁掘削機の開発経緯

従来硬質岩盤に対し遮水壁を施工する場合、パークッション工法、ロータリビット工法等による杭と杭を連続させるいわゆる柱列式遮水壁工法を採用してきた。しづしなからこれらの工法は、杭の精度、施工能率、壁の断面が均一でない等で設計、施工上種々の問題点があった。

掘削方式は、岩質、亀裂、風化の程度等によって、掘削性に対応するメカニズムが異なるが一般的に一軸圧縮強度(σ_c) $> 1,000 \text{ kg/cm}^2$ の岩に対しては、パークッション方式がよいが、掘削量としては、 $\sigma_c > 1,000 \text{ kg/cm}^2$ の岩は、それ以下の強度土質に比して非常に少ない。したがってドリリング方式の対象になり得る $\sigma_c < 1,000 \text{ kg/cm}^2$ の岩に対して、効果的なドラッグツースの切削原理とツースチップの配列、スラスト荷重、掘削トルク等について検討、実験を重ね、 $\sigma_c = 800 \text{ kg/cm}^2$ のマンメイドロックを高能率で掘削することができた。開発のためのフローチャートを表-1に示す。

3. 開発の目標

$\sigma_c < 1,000 \text{ kg/cm}^2$ の岩に対しパネル状にかつ平面に掘削でき、また掘進能率は、従来の大口径掘削機で同じ断面で同対象岩で倍以上とする。

4. 掘削機の概要

1) 掘削機の構造を図-1に、主な仕様を表-2に示す。掘削機構は、4本の回転軸の先端に公転するギアケースとそのギアケースに自転する12ヶのトロコイドビットと、中央には、掘削ズリを連続的に搬出する2重管式リバースビットを設け、これらの先端ビットで掘り残した部分を切削する平面壁形成用ドラムカッターで構成されている。これらのビットは、先端ビット用水中モータ、ドラムカッター用水中モータで駆動される。このほか掘進方向を定める固定ガイド、方向修正のためのアジャ

表-1 開発フローチャート

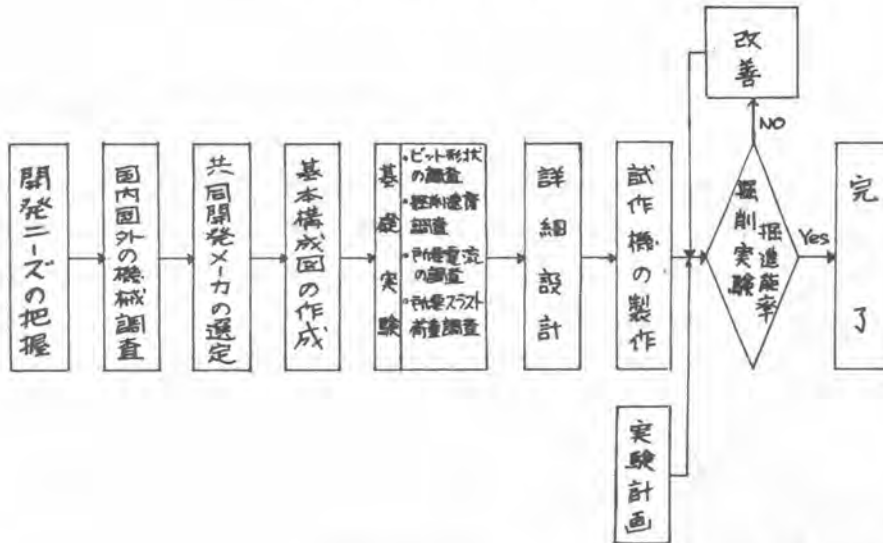
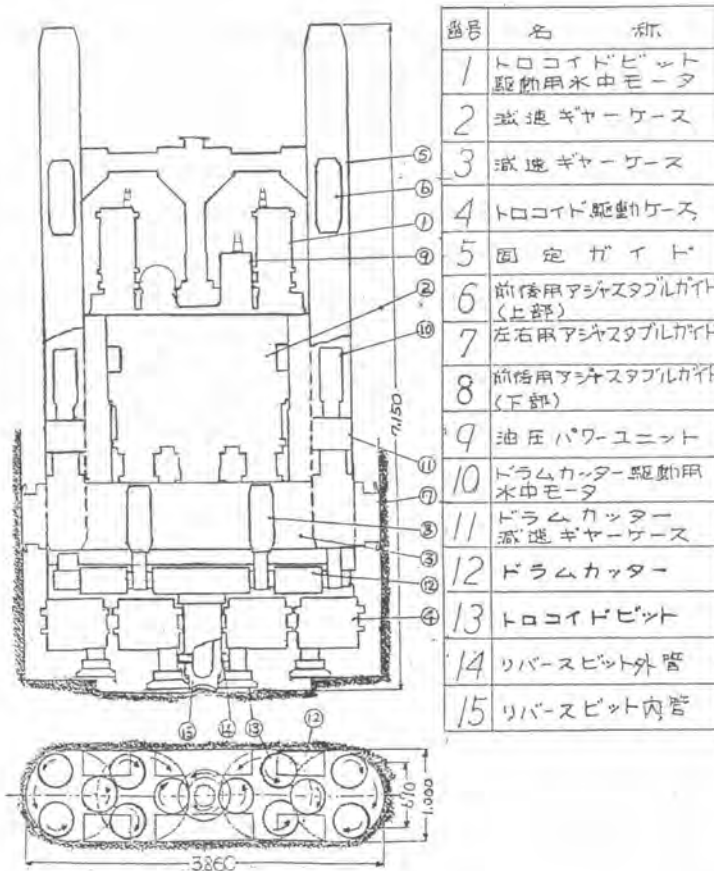


表-2 掘削機仕様



番号	名称
1	トロコイドビット 駆動用水中モータ
2	減速ギヤケース
3	減速ギヤケース
4	トロコイド駆動ケース
5	固定ガイド
6	前後用アシスタブルガイド (上部)
7	左右用アシスタブルガイド
8	前後用アシスタブルガイド (下部)
9	油圧パワーユニット
10	ドラムカッター駆動用 水中モータ
11	ドラムカッター 減速ギヤケース
12	ドラムカッター
13	トロコイドビット
14	リバースビット外管
15	リバースビット内管

1	水中モータ	
1.1	トロコイドビット用	55 ^{kw} × 2 ^φ (400V)
1.2	ドラムカッター用	18.5 ^{kw} × 2 ^φ (400V)
2	ビット回転数	
2.1	トロコイドビット(公転)	25.5 R.P.M
2.2	トロコイド(自転)	7.7 R.P.M
2.3	リバースビット内管	16 ^φ R.P.M
	外管	12.4 R.P.M
2.4	ドラムカッタービット	35.2 R.P.M
3	トルク	
3.1	トロコイドビット	300 N-m
3.2	ドラムカッタービット	0.420 N-m
4	ビット径	
4.1	トロコイドビット	φ440 mm
4.2	リバースビット内管	φ390 mm
	外管	φ550 mm
4.3	ドラムカッタービット	φ290 mm
5	吸込み径	φ200 mm
6	総重量(約)	142 t

図-1 掘削機構造図

スタブルガイドが設置されている。

隣り合うギアケースおよびリバースピットの内外管の回転は逆方向とし、掘削反力を相殺するように考慮している。

2) 掘削機の特徴

- a 岩盤に対して、長スパンの壁を一季に掘ることができる。
- b 掘削壁面を平面で切削することができる。
- c 先端ビットは、自転、公転する軌跡いわゆるトロコイド曲線を描きながら掘進するので従来の大口径岩盤掘削機における同一軌跡圧壊掘削に比して低荷重、低トルクで掘削できる。1回の先端ビットの回転が1回転した時の軌跡を図-2に示す。これが掘削地盤に網目状に溝をつけ、残った部分を後続のビットの回転でハッキリ取る機構なので、全断面を削り切らなければならないため掘進能率がよい。
- d 掘削ズリの処理設備は、従来同種工法機械と同種同規模でよい。
- e ビットを交換することにより、一般土質にも対応できる。
- f 精度を確認しながら掘削できるので、品質のよい壁を作ることができる。

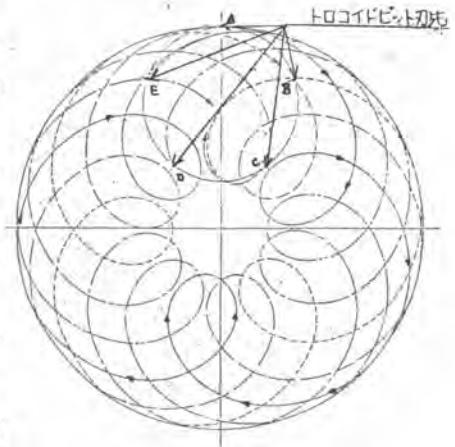


図-2 ビット回転の軌跡

5 掘削実験概要

試作機の性能を確認するため、次の実証実験を行なった。

1) 実験規模

図-3に示す通り、地下約9mに1m³の安山岩 ($\rho_r = 800 \text{ kg/cm}^3$) を10個上、下二列に並べ強度 500 kg/cm^2 のコンクリートで固めたマンメイドロックを構築し掘削実験を行なった。

実験概要を図-4に示す。

2) 実験結果

当該試作機で安山岩を削り出した結果の孔壁状況、掘削底面状況及び掘削ズリ形状をそれぞれ写真-1、2、3に示した。

写真-1は、壁面切削仕上がり状況を示すが先端ビットの掘り残し部分の削り落としは、通常の引き切削でよいが、ツースの配列が、硬質岩の場合トルク、能率にかなり影響をおよぼす。

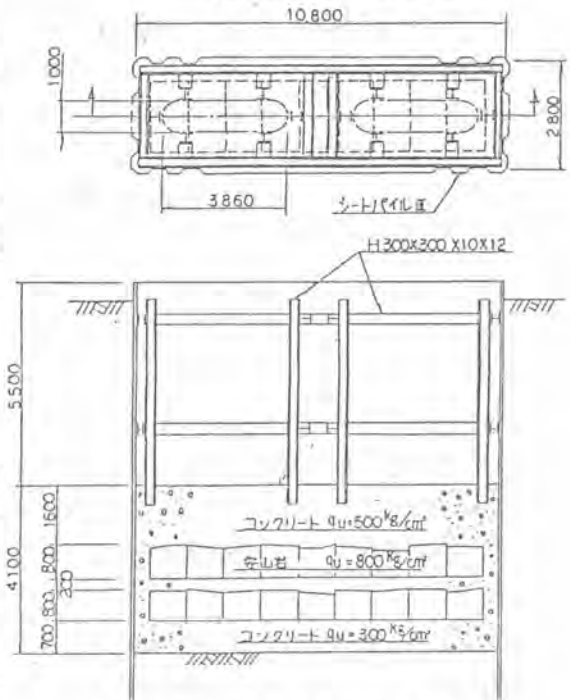


図-3 マンメイドロック構成図

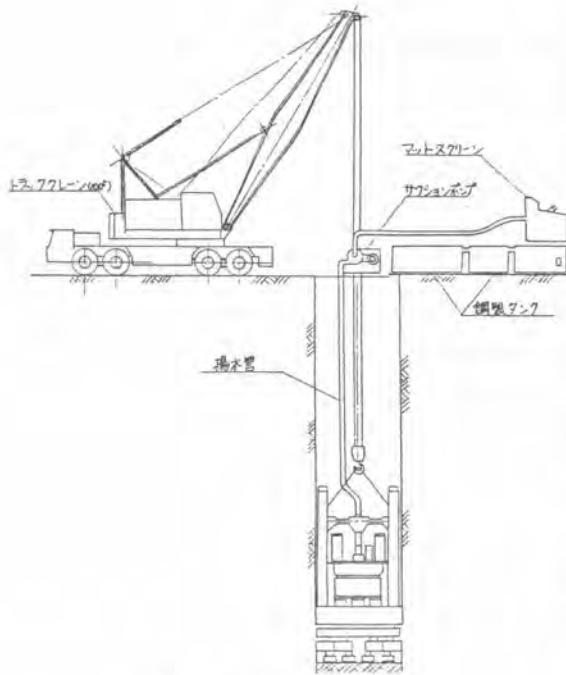


図-4 掘削概要図

写真-2の掘削底面の切羽状況から先端ビットのトロイド曲線の軌跡が図-2に示した1回転の軌跡に比べはるかに複雑に錯綜しており、掘削原理が単に引かき切削でなく、ローラクターによるインテックス破壊（圧壊、引かき、ひねり起し）に類似した切削特性を示していることがわかる。

従って、掘削トルク、スラスト荷重は同規模の掘削仕杵に比して低くてよいと言える。

写真-3の掘削ズリは、25×15^{mm}程度の岩片で、連続的に排出され掘削原理が有効に作用していることがわかる。

6 おわりに

地下連続壁のニーズは近年急激に多様化し100m内外の大深度掘削、垂直精度1/1000以上、運転の自動化、転石層の破碎機械の開発、スライム除去、鉄筋ジョイント、パネル間ジョイント部の清掃安定液の処理方法等について設計、施工法の改善がなされ、本体構造壁、剛体基礎の確立が図られている。今回硬質岩盤のパネル掘削が可能となったことから、地下連続壁の応用範囲が又一步拡大されたといえる。

しかしながら土質条件、立地条件、環境条件はますますきびしくなり、技術開発の要素は今後まだ多くの課題があり、不断の取組みが必要となろう。



写真-1 孔壁状況

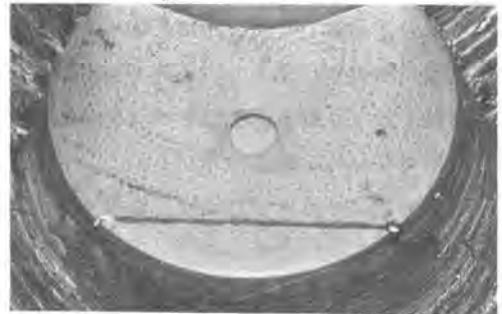


写真-2 掘削底面状況

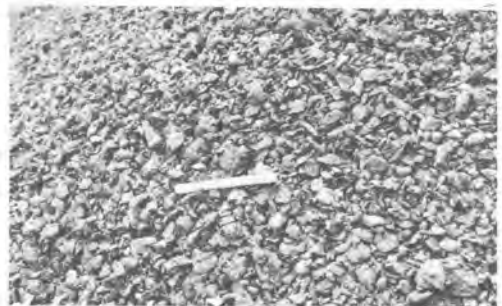


写真-3 掘削ズリ粒状況