

26. 多機能型ニューマチックケーソン掘削機の開発

大豊建設：*杉江 哲也，角田 治郎
宮下 政樹

1. はじめに

近年、ニューマチックケーソン工法では、作業員が圧気下に入ることなく遠隔操作で掘削作業を行うことが徐々に汎用化されつつある。しかし、各種の地質に対応可能な掘削機械はなく、岩盤、転石等には人力で対応せざるを得なかった。

今回、一般土質から硬岩に至るまで1台の機械で掘削・破碎・削孔等が、地上からの遠隔操作により可能とする機械を開発した。

2. 開発の目的

岩盤掘削対応機種として機械掘りが考えられるが一般的にローラビットなどを使用した機械では、トンネル切羽とは異なり、垂直に掘削するために膨大な掘削反力が必要であり、懸垂型の掘削機には不向きである。

今回、開発目標としたのは、岩盤掘削を従来工法でもある発破工法で行える様、削孔作業も可能な掘削機である。削孔が遠隔で正確な管理が可能であればあらゆる岩盤に対応が可能となり、また長時間にわたる圧気下での厳しい環境条件から作業員を解放し、安全衛生上非常に有利である。

以上の目的をふまえて、各種土質に対応する掘削機のアタッチメントとして次のものを採用した。

- ① 一般土質用掘削 : バケットおよびドラムカッタ
- ② 岩盤等発破用削孔 : 削孔機
- ③ 転石等破碎 : ブレーカ

これらのアタッチメントは本体からの動力源を共有するため、油圧駆動とすることとなった。

表-1 掘削機 仕様

バケット容量	0.2m ³ (平積み)
最大掘削力	360N
電動機出力	37kW (AC400V)
最大走行速度	25m/min
最大旋回速度	5rpm
全 長	5400mm
全 幅	2600mm
フレームストローク	1400mm
最大掘削半径	4610mm

表-2 削孔機 仕様

規 格	油圧式 350kg級
動 力	油圧 210kg/cm ²
フィード長	900mm
ロッド径	φ38~52

表-3 ブレーカ 仕様

規 格	油圧式 300kg級
動 力	油圧 140kg/cm ²
作動油量	32~68 l/min

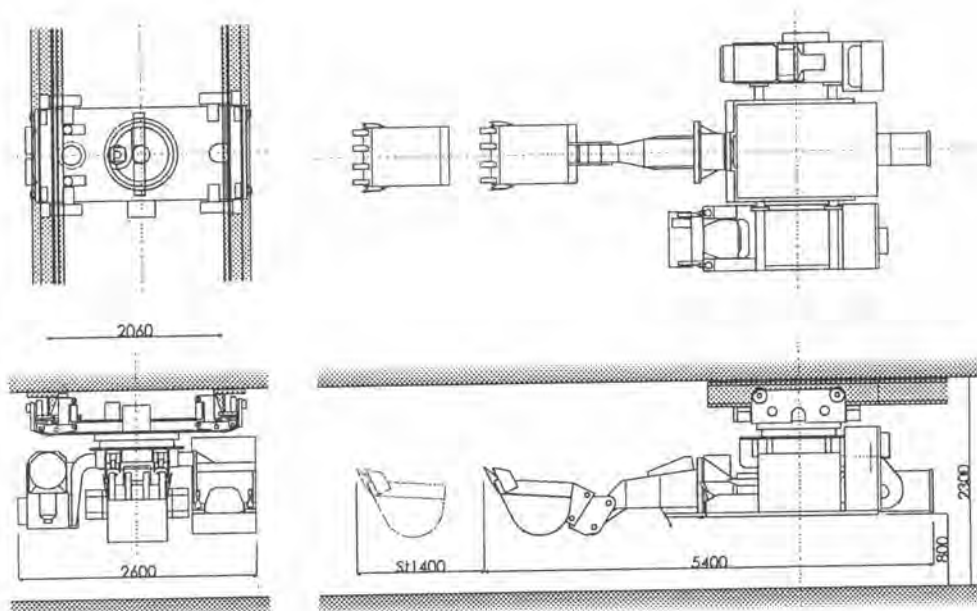


図-1 掘削機 全体図

また、本掘削機を開発するに当たっての基本構想は、次のとおりである。

- ① 掘削機は、遠隔・搭乗両操作が可能であること。
- ② 位置制御・姿勢制御が可能であること。
- ③ 各アタッチメントの駆動源は掘削機本体から供給可能なこと。
- ④ 各アタッチメントの交換時間は、短時間であること。
- ⑤ 各分割ブロックは、搬入出・組立解体に対応可能な最適な寸法・重量であること。

3. 掘削機本体

3.1 概要

前述した構想により開発された機械は、次のような特徴を持っている。

- ① ケーソン天井スラブに取付けられたレールに掘削機本体が懸垂型として装着され、機械本体の走行、旋回、ブームの伸縮・起伏、アタッチメントの反転ができる構造となっている。
- ② 各種作業は、監視カメラからの映像を見ながら遠隔操作により行う。
- ③ アタッチメントの交換は、図-2中に斜線で示したアタッチメント交換カブラの採用により、従来のピンによる交換方式に比べ、容易にしかも短時間で行うことができる。また、油圧ホース類のカブラを採用したので交換作業全体の所要時間は従来に比べかなり短縮されている。アタッチメントの交換時間は、次に示すような試験結果が得られている。

バケット・ブレーカ・ドラムカッタ系-----4分
 削孔機とその他アタッチメントの交換-----7分

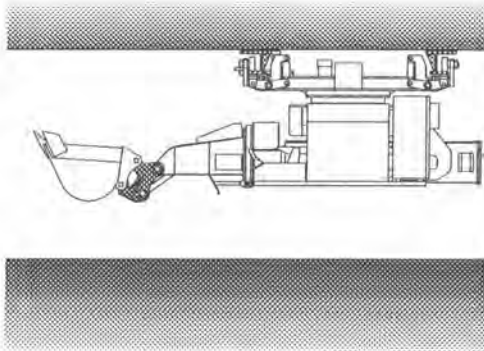


図-2.1 バケット

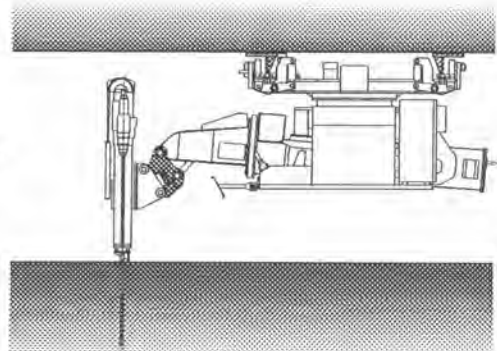


図-2.2 削孔機

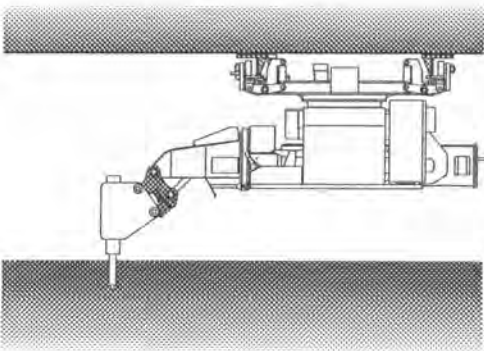


図-2.3 ブレーカ

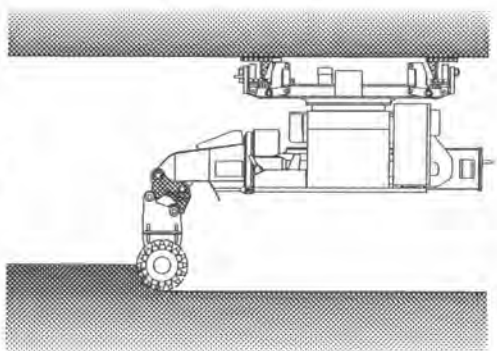


図-2.4 ドラムカッタ

図-2 アタッチメント装着図

3.2 削孔機 (図-2.2 参照)

削孔動力源は、排気エアによる視界不良を防ぎ、効率を上げるため油圧型を採用した。掘削機に装着した削孔機的能力試験の結果を表-4に示す。

表-4 削孔機 能力試験結果

ビット	クロスビットφ45mm
有効削孔長	900mm
テスト岩	安山岩
一軸圧縮強度	16MPa
削孔時間	140秒

3.3 ブレーカ (図-2.3 参照)

ブレーカの使用は、小割り・はつり目的とし、さらに刃口下の破碎を行えるよう油圧で下向き・上向き・横向きも可能となっている。

3.4 ドラムカッタ (図-2.4 参照)

ドラムカッタで十分掘削可能な適正なる地質の場合は、図-2.4のような掘削姿勢で対応可能である。

4. 制御システム構成

制御システムは下記に大別される。

- ① 運転制御システム
- ② 姿勢制御システム
- ③ 接触防止システム
- ④ 削孔管理システム

下記に①～④のシステム構成図を示す。



図-3 システム 構成図

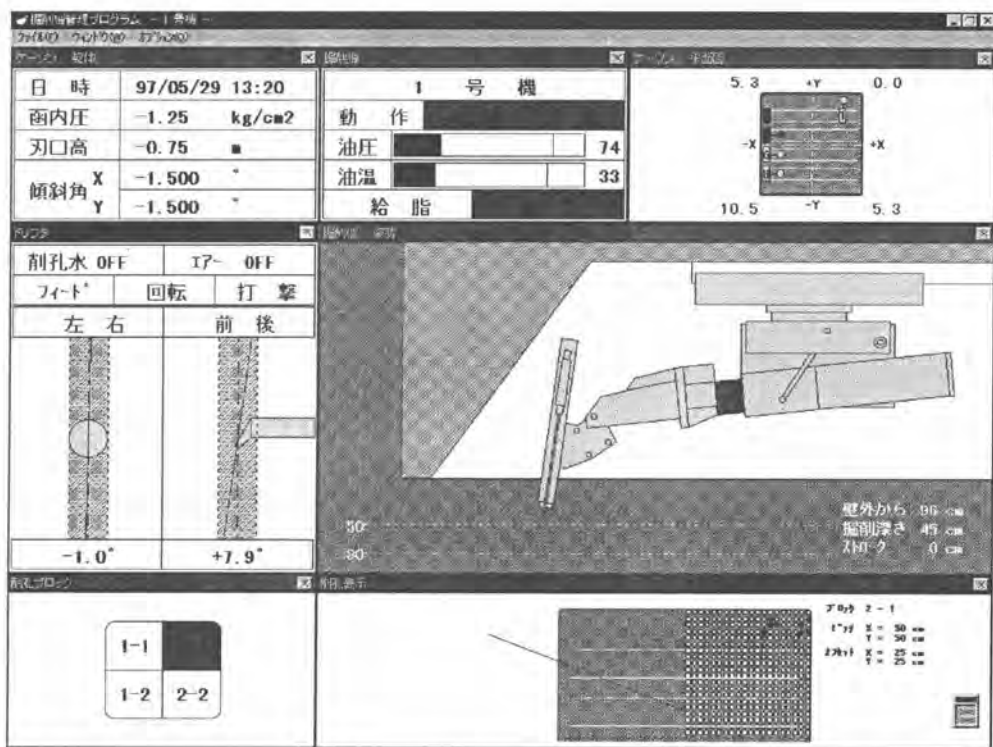


図-4 姿勢制御システム 表示画面（ドリフタ使用時）

① 運転制御システム

掘削機本体を搭乗操作と遠隔操作の2ヶ所にて運転を行うシステムである。掘削機本体にPC（プログラムコントローラ）を搭載しておりアナログ・デジタルの入出力処理及び掘削機の姿勢情報のデータ伝送を行っている。掘削機本体と地上遠隔室とはPCによるリンクを組んでデータ伝送を行い、最大伝送距離は1000mが可能である。

② 姿勢制御システム

掘削機の各種センサからのデータをPCを経由してリンクを組んだパソコンにより掘削機を側面から見た状態をリアルタイムで表示している。掘削機のアタッチメントを交換することに伴い、掘削機の動作及び下記関連情報を表示する。

バケットモード	回転方向	側面
	開閉方向	機械的移動範囲
ドリフタモード	回転表示	機体側から見た反転方向と側面
	前後方向	機械的移動範囲
	削孔深さ	最大100 c m
	削孔水・エアの供給停止	

ブレーカモード	回転表示	側面
	前後方向	機械的移動範囲
	ブレーカの指令信号 (ON-OFF)	

上記以外にケーソン躯体の壁表示・バケット爪の刃口からの高さ・壁の外側からの距離・接触防止管理平面図を表示している。

③ 接触防止システム

複数台の掘削機が作業する場合、相互の距離を監視し設定値1以下の距離になった場合、相互の掘削機に減速・警報を出しオペレータに注意を促し、更に接近して設定値2になった場合、掘削機を停止させ接触を回避する。掘削機相互間の位置は、表示画面により監視する。システム構成としては、各掘削機の位置・姿勢データをPC間でリンクを結んで伝送し統括監視PCにて接触防止のための演算・判定・警報等を行う。

④ 削孔管理システム

各掘削機のパソコンでドリフタ先端のビット位置・高さの演算及び削孔済みの判定・削孔穴位置の画面表示を行う。遠隔操作による削孔穴の位置合わせは、表示画面を見ながらリアルタイムで動くビット中心である矢印が削孔予定穴位置中心に重なるようにオペレータが操作する。統括用パソコンでは、削孔管理を行うために削孔ブロック割数・削孔ピッチ・削孔除外領域・基準点削孔オフセット等の設定及び削孔完了穴位置のデータ管理を行う。

5. おわりに

ニューマチックケーソン工法において限りなく無人化に近づけるべく一端として、今回の多機能型ケーソン掘削機を開発したが更に今後の課題として各アタッチメントの遠隔による着脱システム、火薬装填の遠隔化などの課題が残されているが、これらの問題点を解決する事によって更なる無人化を目指しているものである。