

12. 大型油圧ブレーカ掘削工法の開発

鹿 島： 園田 健雄・鍛治 茂仁
*重永 晃洋

1. はじめに

現在、山岳トンネル工事の多くは発破工法によって施工されている。しかし、発破工法では火薬の使用に伴う安全性の管理が重要であるほか、周辺環境への振動・騒音等の影響もあり、種々の社会情勢(都市型トンネルの増加、労働環境の変化等)から、無発破工法の需要が高まりつつある。

このような背景のもと、当社においては、地山にやさしく安全性の高い大型油圧ブレーカ掘削工法を山岳トンネル掘削に導入し、工法の確立と定着を図ってきた。

今回、本工法の概要を紹介するとともに、施工実績を分析し、適用性についての検討を報告する。

2. 工法の概要

従来、トンネル工事における油圧ブレーカの使用に関しては、自重が1 t程度のものにより発破後のこそくや切羽の整形等に使用される例が多かった。これに対して、大型油圧ブレーカ掘削工法は、今まで明り工事を中心に使用されてきた3 t程度以上の大型油圧ブレーカを主掘削機として適用する工法である。本工法は適用のバリエーションも多く、全断面を大型油圧ブレーカのみによって掘削するもの、部分的に発破を併用したもの、スリットやTBM掘削の自由面を積極的に活用するものなどがある。

大型油圧ブレーカによる掘削の特長としては、

- ①発破掘削に比べて振動値が小さく、周辺環境への影響が少ない。
- ②地山の緩みが少なく、天端の崩落、肌落ち等が減少する。
- ③余掘低減効果がある。
- ④発破士等の特殊技能者を必要とせずに施工できる。
- ⑤掘削時、作業員が切羽に近寄る頻度が少ないので安全である。

等が挙げられ、今後の施工を取り巻く状況を考慮すると発破掘削に比べてメリットが多い。



写真-1 大型油圧ブレーカ

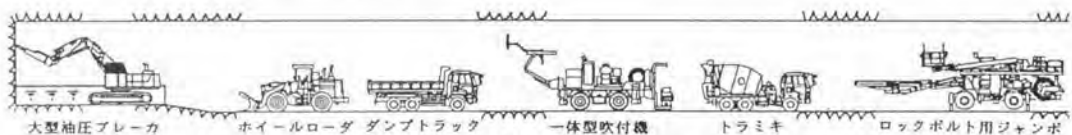


図-1 大型油圧ブレーカ掘削工法施工要領図

大型油圧ブレイカ掘削工法の施工要領図を、図-1、2に示す。

3. 大型油圧ブレイカ（トンネル工専用）の特長
 本工法をトンネル施工に適用するに当たり、大型油圧ブレイカの性能検討、トンネル掘削機としての改造を行った。

本機的主要な特長は、

- ①ローディングタイプのブーム、アームの採用により、坑内の作業性が格段に向上
 - ②散水装置による粉塵対策
 - ③各部ガードによる落石防護対策
 - ④坑内作業向に機体の強化
- である。

本機の全体図を図-3に、仕様を表-1に示す。

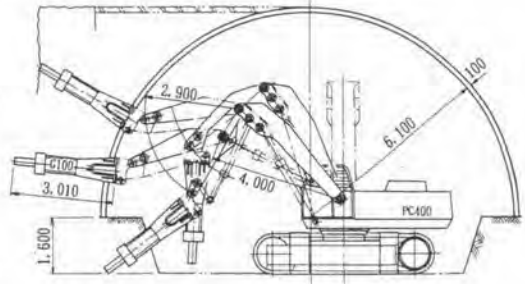


図-2 掘削要領図



写真-2 施工状況

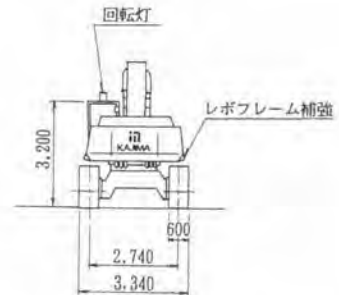
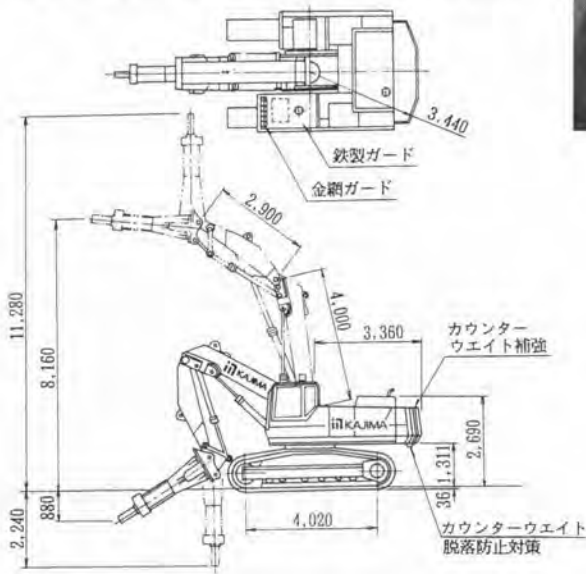


図-3 大型油圧ブレイカ全体図

表-1 大型油圧ブレイカ主仕様

種別	タイプ A	タイプ B	タイプ C
仕様			
ブレイカ			
総重量 (kg)	3000	3800	4100
打撃回数 (bpm)	250~450/325~585	350~550	240~350/310~455
作動油量 (l/min)	180~270	220~350	200~320
作動油圧 (kgf/cm ²)	140~180	155~165	150~180
適合油圧ショベル重量 (t)	30~50	40~80	34~60
ベースマシン	40t級油圧ショベル		

4. 施工実績

大型油圧ブレーカ掘削工法を適用したトンネルにおいて施工実績を収集、分析し、適用性について検討を行った。本トンネルは、断面積約100m²（上半約70m²）、延長約3kmの水路トンネルであり、地質は新第三紀中新世の火砕岩類と、そこに貫入する火山岩が中心となっている。

適用した大型油圧ブレーカは3.8tクラスであるが、このほかにも1.3t、2.2tの油圧ブレーカを使用し、施工能力の比較調査を行った。また、施工環境を把握し、発破工法と比較するため、騒音・振動測定を実施した。その結果を以下に示す。

4.1 施工能力

1.3t、2.2t、3.8tの各々の油圧ブレーカにおける掘削量（無発破時）と、地山の坑内弾性波速度との関係を図-4に示す。これより、発破を併用しない場合の油圧ブレーカの適用範囲を推定すると、この岩質の場合は表-2のように考えられる。（■/8）

以上のように、大型油圧ブレーカの優位性が確認されたほか、適用の検討に関して弾性波速度が使用できることがわかったが、掘削岩盤の岩質や亀裂により、施工能力、適用範囲とも変化することが予想され、さらに実績を収集蓄積していく必要がある。

4.2 施工環境（振動、騒音）

大型油圧ブレーカによる切羽掘削時に、公害振動計及び公害騒音計を用い、掘削位置より距離を変化させて測定を行った。その結果は、図-5、6に示すとおりである。これを特定建設作業に対する振動規制法75dB、騒音規制法85dBと比較すると次のように考えられる。

振動では、規制値75dBに対して20m以遠で下回るため、坑口部及び土被りが20m以下となる区間で留意が必要となる。また、騒音では規制値85dBに対して100m以遠で下回るため、坑口部で適用する際は留意が必要となる。

なお、比較のため、発破時（芯抜き8kg/段、総薬量100kgと仮定）の振動値、騒音値を図-5、6に併記したが、いずれの場合にも大型油圧ブレーカの方が小さな値となっている。

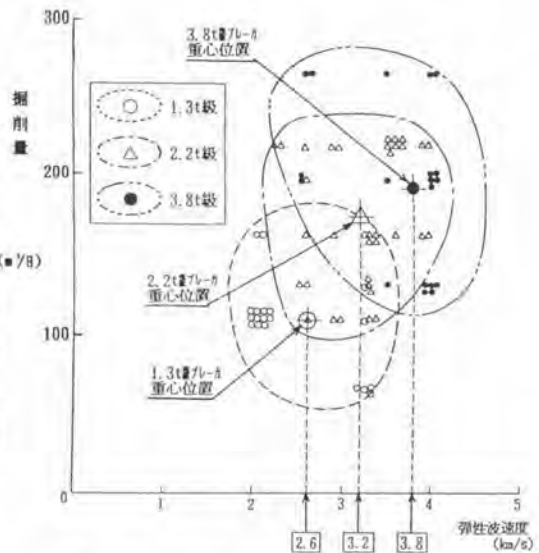


図-4 掘削量と弾性波速度相関図

表-2 油圧ブレーカ適用範囲

ブレーカ	弾性波速度 (km/s)
1.3 t	2.0～2.5 程度
2.2 t	2.5～3.5 程度
3.8 t	～4.0 程度

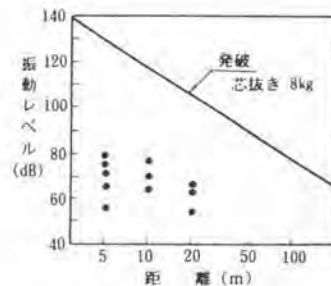


図-5 振動測定結果

4.3 周辺岩盤への影響

大型油圧ブレーカによる掘削を行う際のトンネル周辺岩盤への影響を検討するため、至近距離（1、2、5 m）において振動測定を行った。その結果は図-7に示すとおりであり、大型油圧ブレーカでは1 m地点に於て最大6.8 kine、同時に測定したツインヘッドでは0.13 kineであった。

一般的に、周辺岩盤が損傷（亀裂が発生）する振動値は以下のように推察される。

岩盤の損傷が引張破壊であると考え、本トンネルの玄武岩質凝灰岩の強度は $\sigma_c = 100 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_t = 10 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定すると、引張強度に相当する振動値は次の式から求められる。

$$\sigma = \rho \cdot V \cdot \nu$$

ここで、 ρ ；密度（ 1.7 g/cm^3 ）

V ；岩盤の弾性波速度（ 2.5 km/s と仮定）

ν ；振動値（ $\text{cm/s} = \text{kine}$ ）

これより、損傷が考えられる振動値は、

$$\begin{aligned} \nu &= \frac{\sigma}{\rho V} = \frac{10000 \times 980 \text{ (g/cm}^2 \cdot \text{cm/sec}^2\text{)}}{1.7 \times 250000 \text{ (g/cm}^3 \cdot \text{cm/sec)}} \\ &= 23 \text{ kine} \end{aligned}$$

したがって、図-7のように、ツインヘッド、大型油圧ブレーカとも、周辺岩盤に損傷を及ぼすおそれは殆どないものと考えられる。

また、通常は繰返し振動によることを考慮して、弾性限界内に十分収まるように安全率を決めており、この安全率を3とすると、許容振動値は約8 kineとなり、大型油圧ブレーカで適切な離隔距離は70 cm程度となる。なお、発破工法による振動について、周辺掘削孔に1孔当たり300 gを装薬したケースの振動予測式を併記したが、このケースでは1.8 m程度までは岩盤に損傷が発生する可能性があると考えられ、許容レベルでの離隔距離は3 m程度と考えられる。

以上により、発破に比べると大型油圧ブレーカは、周辺岩盤に対しての影響がかなり少ないことが確認された。

5. おわりに

現在、当社において数ヶ所の現場で本工法が適用されているが、これまでの実績では、弾性波速度が3 km/s程度の岩盤については発破と同程度の進行が確保され、周辺環境への影響も少なく、余掘等についても優位性があるほか、安全に施工できることが確認された。今後はさらに実績を蓄積し、坑内弾性波速度を適合地山条件の判断指標のひとつとして、より一層、工法の確立を図っていく所存である。

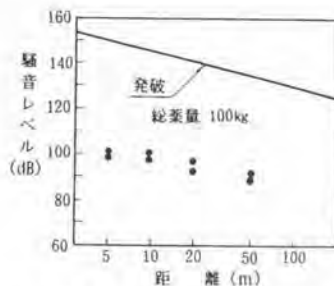


図-6 騒音測定結果

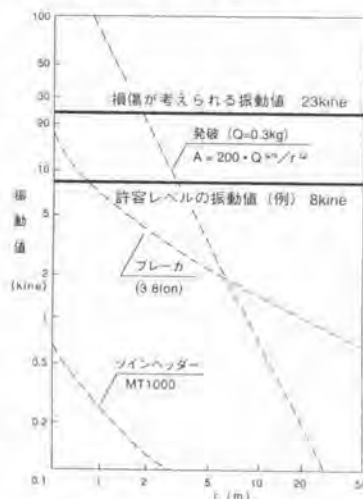


図-7 周辺岩盤への影響