

(5) 液圧による静的破碎工法の実用化実験

フジタ工業（株）技術研究所 正員 ○村山秀幸 門田俊一 野間達也
㈱ブリヂストン 工業用品本部 上田滋夫 潤田久也 立浪敬造

PRACTICAL APPLICATION OF NON-BLASTING METHOD FOR ROCK MASS USING FLUID PRESSURE

Hideyuki MURAYAMA, Shunichi KADOTA, Tatsuya NOMA: FUJITA CORPORATION
Shigeo UEDA, Hisaya URUTA, Keizo TATUNAMI: BRIDESTONE CORPORATION

ABSTRACT

Blasting is commonly used to fracture and excavate rock mass. However, blasting method also involves tremendous shock waves and noise. Due to recent increase in rock excavation (such as tunnel forming and excavation into slopes) near residential areas, there have been growing demands for an alternative method of excavation to avoid excessive noise pollution. A new non-blasting method of rock excavation using fluid pressure was developed to satisfy such demands.

This paper describes practical application of a new non-blasting method.

- 1) general description of a new Static Fracturing Machine System using fluid pressure.
- 2) application for tunnel excavation.
- 3) application for demolition of concrete structure.

And, we were confirmed that it was suitable for this fracturing machine to excavate rock mass and fracture concrete structure.

1. はじめに

岩盤の破碎工法には、発破工法が最も一般的に用いられる。最近、都市近郊でのトンネル等の岩盤掘削工事が増加する傾向にあり、このような施工条件においては、住居などが隣接するために大きな振動・騒音を伴う発破工法を採用できないことが多い。従って、発破を用いずに岩盤を静的に破碎する工法の開発は急務である。

岩盤の静的破碎工法については、すでに種々の工法¹⁾²⁾³⁾が実用化されつつあり、筆者らも破碎装置の軽量化、破碎作業の効率化を目的として、液圧による静的破碎工法の開発に取り組んでいる。開発中の破碎装置（以下割岩機と称す）の概要、機能等についてはすでに報告した⁴⁾⁵⁾。前報までに報告した事項をまとめると次のとおりである。

- ① 割岩機は、高圧チューブ、四角柱状のゴム製加圧媒体、4枚の鋼製載荷板より成る。
- ② 高圧チューブ内圧の4倍の荷重が各載荷板頂点作用する。
- ③ 4枚の鋼製載荷板に荷重が集中するため岩盤内に発生するき裂の方向を制御可能である。
- ④ 花崗岩ブロック（800×400×700mm、一軸圧縮強度1890kgf/cm²）の破碎が可能である。
- ⑤ 周囲を鉄筋コンクリート管（推進管：内径2000mm、長さ2430mm）で拘束された超高強度コンクリート（一軸圧縮強度1300kgf/cm²）の破碎が可能である。

本報告では、開発した静的
破碎工法システム（割岩機シ
ステム）の実現場への適用性
を検討する目的で実施した試
験施工を中心に、以下の項目
について述べる。

- ① 割岩機システムの概要
- ② トンネル掘削工事を対象とした試験施工例
- ③ コンクリート構造物解体工事を対象とした試験施工例

2. 割岩機システムの概要

割岩機システムの構成を図-1に示す。本システムは、油圧ユニット、制御マイコン、割岩機より構成されている。制御マイコンは、各チャンネルに装着した割岩機への載加圧力を自動的に計測し表示する。さらに、岩盤にき裂が生じた瞬間の急激な圧力低下を検知し、割岩機への加圧を停止する機能を有する。

次に、本システムの作業フローを図-2に示す。なお、割岩機の外径はφ46mm、長さは650mm、重量は5kgであり、削孔するボアホール径はφ50mm、削孔長は650mm 以上である。また、最大使用圧力は700kgf/cm²に設定している。

3. トンネル工事を対象とした試験施工例

3-1 超高強度コンクリート模擬トンネル破碎実験

トンネル切羽面における初期自由面の作成方法およびその後の破碎方法を検討するために、前述した超高強度コンクリートを模擬トンネル切羽にみたてた破碎実験を行った。

超高強度コンクリートは一軸圧縮強度1300kgf/cm²、圧裂引張強度53kgf/cm²、接線ヤング率 3.8×10^5 kgf/cm²、ポアソン比0.22である。図-3に削孔パターンおよび破碎順序を示す。

初期自由面の作成方法については種々考案⁶⁾されているが、本実験では削孔時間節減のため削孔本数を極力少なくし、能率的に自由面を作成し破碎することを目的とした。このため、まず中央部に長さ400mmのスロットを十字字状に削孔し、次に45°間隔に100、200mmピッチで削孔し、さらに周囲を300mmピッチで削孔した。

破碎は、図-3に示す破碎順序に従った。

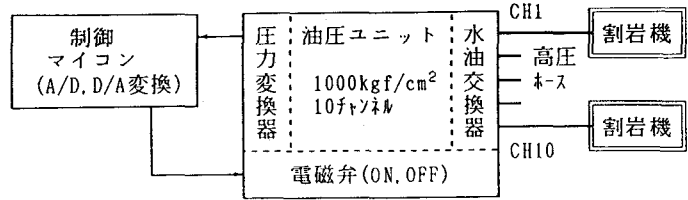


図-1 割岩機システムの構成

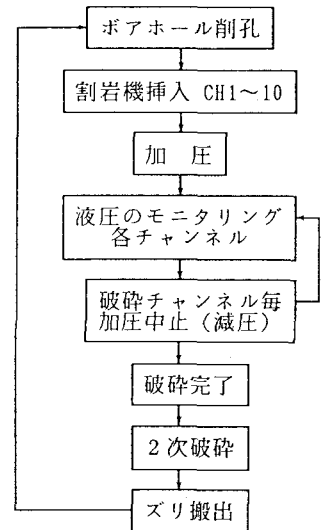


図-2 作業フロー図

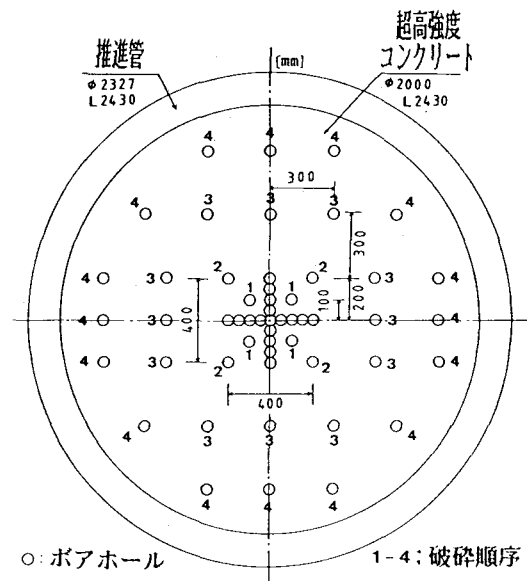


図-3 超高強度コンクリートの削孔パターンおよび破碎順序

すなわち第一段階では中央の 400×400mm ブロックを破碎し、第二段階で生じた自由面をバーンホールとして利用して周囲を順次破碎した。

破碎圧力は150～200kgf/cm² であり、一掘進長は400～450mmであった。写真-1に中央部の破碎状況を示す。なお、本割岩機システムにより破碎した後は、ブレーカを用いて2次破碎した。

本破碎実験結果より、中央部に設けた十文字状スロットで初期自由面を作成し、この自由面を利用して周辺を順次掘削することが可能であることが確認された。

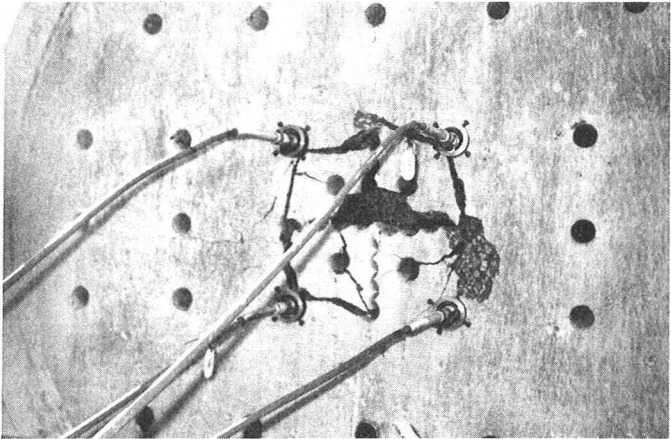


写真-1 中央部の破碎状況

3-2 硬岩トンネル工事における試験施工

対象としたトンネルは、施工延長約150m、最大土被り約14m、トンネル断面約3.5m²である。トンネル断面図を図-4に示す。

本工事は、路線近傍に住居が密集し発破が使用できないために機械掘削が採用されたが、一部硬岩が卓越する領域で割岩機システムを併用して掘削を行った。

本地域の地質は、新第三紀の安山岩溶岩である。切羽付近では、この安山岩溶岩が著しく風化し軟弱化した部分と新鮮で硬質な岩盤が混在している。硬質部は、平均的に一軸圧縮強度490kgf/cm²、圧裂引張強度40kgf/cm²、接線ヤング率 3.2×10^5 kgf/cm²、ポアソン比0.22である。また、一軸圧縮強度が1000kgf/cm²を超える部分もある。軟質部は、一軸圧縮強度100kgf/cm²以下である。

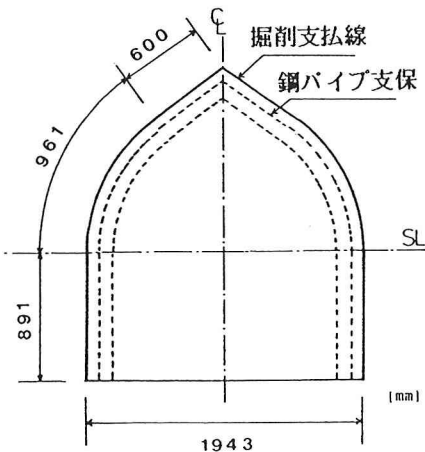


図-4 硬岩トンネルの切羽断面図

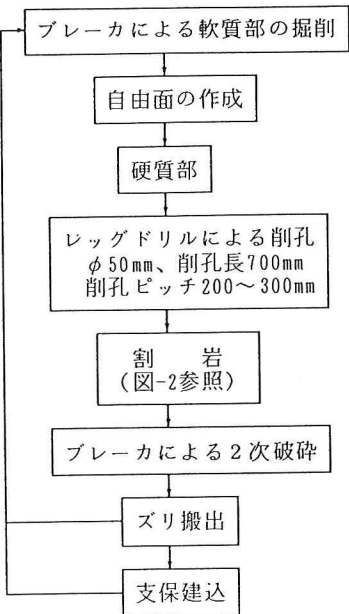


図-5 作業サイクル

なお、弾性波速度探査結果によれば、P波速度は硬質部で 2.7km/s、軟質部で 1.7km/sである。

本現場では、岩盤の硬軟差が著しく作業領域も狭いことを考慮して、図-5に示すような作業サイクルで実験を行った。まず、切羽上部に分布する軟質部をブレーカによって先行掘削し、生じた自由面を利用して硬質部を割岩機システムにより破碎した。先行掘進長は約500～700mmである。硬質部の削孔にはレッグドリルを使用し、掘削径は $\phi 50\text{mm}$ 、掘削長は700mmである。削孔ピッチは、岩質に応じて200～300mmとした。なお、破碎完了後ブレーカを使用して2次破碎を行った。

図-6に破碎後の切羽スケッチを、写真-2に破碎状況を示す。破碎圧力は平均的に 200kgf/cm^2 であり、き裂は深さ約400mmまで達していた。

破碎は、各ボアホールに適時数本の割岩機を挿入して行った。なお、破碎により発生するき裂は、事前に想定した方向にほぼ制御できたが、一部既存の割れ目方向に影響される現象も生じた。これらについては、今後の課題である。

以上の試験施工より、本割岩機システムを硬岩トンネルの静的掘削に充分適用可能であることが確認できた。

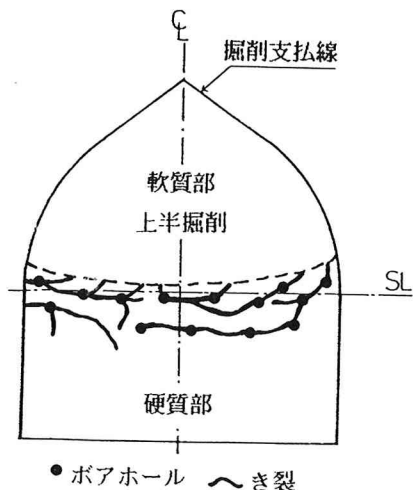


図-6 破碎後の切羽スケッチ

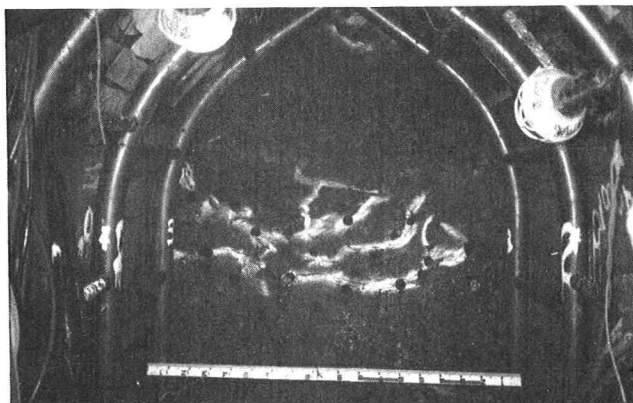


写真-2 切羽の破碎状況

4. コンクリート構造物解体工事を対象とした

試験施工例

岩盤掘削工事以外の工事に対する本割岩機システムの適用性を検討するために、場所打ちコンクリート杭の杭頭処理工事に本システムを適用した。

試験施工は、中央部にH鋼（H-300）の構真柱を有するリバースサーキュレーション杭で実施した。図-7に杭断面および水平削孔パターンを示す。なお、コンクリートは一軸圧縮強度約 300kgf/cm^2 で、使用鉄筋はD25を使用し、鉄筋ピッチは15cmである。なお、削孔パターンは、図-7に示すように300、450mmの2ケース設定した。これは、削孔ピッチの相違による破碎圧力の相違を検討するためである。破碎には、各削孔ピッチに対して割岩機を3～4本使用した。

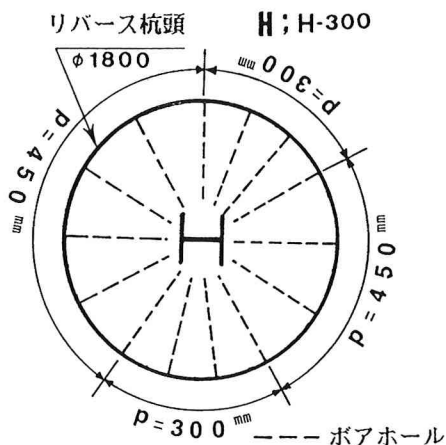


図-7 杭断面図および水平削孔パターン

写真-3に破碎状況を示す。破碎後、き裂は表面のみならず杭の中心部まで達しており、さらに充分開口していることから、鉄筋とコンクリートの付着は完全に断ち切られていると考えられる。破碎圧力は 150kgf/cm^2 前後であり、削孔ピッチに対する破碎圧力の相違はほとんど無く、この程度のコンクリート強度であれば、さらに削孔ピッチを広くすることも可能であると考えられる。また、2次破碎にはブレーカを使用した。

以上の試験施工結果により、本割岩機システムが杭頭処理工事に充分適用可能であることが確認できた。



写真-3 破碎状況

5. おわりに

本報告では、開発中の割岩機システムの概要を述べると共に、本システムを実現場における試験施工に適用した結果について述べた。トンネル工事を対象した例では、まず初期自由面の作成方法について検討し、次に実際の硬岩トンネル掘削工事に適用し、トンネル掘削工事への有効性を確認した。さらに、コンクリート構造物解体工事例として、リバースサーキュレーション杭の杭頭処理工事に適用し、これら工事に本システムを有効に適用できることを確認した。

今後の課題として、

- ①作業サイクル時間の把握、コストなどの経済性の比較検討
- ②大断面トンネルなどの大規模岩盤掘削工事への適用性の検討
- ③割岩機の径、長さの検討
- ④その他工事への適用性の検討

などが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 坂野良一: 発破によらない低振動岩盤破碎工法; 建設機械 VOL. 23, NO. 1, 1987
- 2) 白石、森: 液圧チューブによる硬岩破碎法の研究; 鹿島建設技術研究所年報 VOL. 43, 1986
- 3) 江川常次郎: 静的破碎工法の現状と将来; 石灰岩 VOL. 9, 1985
- 4) 和久、門田、大倉、野間、村山: 液圧による静的破碎工法の基礎実験; 第20回岩盤力学に関するシンポジウム 1988. 2
- 5) 野間、門田、和久、上田、潤田、立浪: 液圧による静的破碎工法の基礎実験(その2); 第21回岩盤力学に関するシンポジウム 1989. 2
- 6) 榎本、村上、本田、萩森: トンネル無発破工法「OSD工法」の開発; 建設の機械化 VOL. 4, 1985