

## (24) 液圧による静的破碎工法の基礎実験

|          |     |      |
|----------|-----|------|
| フジタ工業(株) | 正会員 | 和久昭正 |
| 〃        |     | 門田俊一 |
| 〃        |     | 大倉吉雅 |
| 〃        |     | 野間達也 |
| 〃        |     | 村山秀幸 |

### 1. はじめに

従来より、岩盤の破碎は、火薬の爆発時の衝撃を利用した発破工法が主流である。この工法は、破碎効率は優れているが、大きな振動と騒音を伴う。

しかし、最近、住居に近接した地域におけるトンネルや斜面等の岩盤掘削工事が増加の傾向にあり、振動騒音等の公害防止の観点から、発破工法の採用が困難になって来た。その対策として、衝撃を発生させずに岩盤を破碎するいわゆる静的破碎工法のニーズが高まりつつある。<sup>1)</sup>

筆者らは、このニーズに応えるべく、液圧による岩盤の静的破碎工法の開発に取組んだ。本論文では、

①試作した液圧破碎装置(割岩機)の概要。

②モルタル、花崗岩供試体による基礎実験、並びに、有限要素法による検討解析。

について報告する。

### 2. 発破によらない静的岩盤破碎工法の現況

発破によらない静的岩盤破碎工法のうち、現在普及している主なものを列挙する。

#### (1)膨張性破碎剤による方法<sup>2)3)</sup>

破碎のメカニズムの概要は、破碎剤の主成分である酸化カルシウムが水と反応する際に発生する結晶膨張圧を利用して、被破碎体を引張り破碎するものである。

この破碎方法の留意点は、①破碎剤充填後、数回にわたって蒸気の噴出が起こるため、安全には特に注意を要する。②薬品が高価である。ことである。

#### (2)油圧くさびによる方法<sup>3)</sup>

破碎のメカニズムの概要は、削孔した穴の中に、鋼製ガイドを設置し、次に油圧によりくさびを圧入して、被破碎体を引張り破碎するものである。最近では、油圧くさび破碎機『ダルダ』を基本にして、大型削岩機と大型油圧くさびを合体した大型油圧くさび式破碎機が開発されている。

この破碎方法の留意点は、①油圧シリンダーを利用するため、装置自体が大きく、高重量である。②機械が高価である。ことである。

#### (3)衝撃による方法

この破碎のメカニズムは、圧縮空気または、油圧を利用して衝撃を発生させ、のみを被破碎体に打込み、破碎するものである。この方式には、従来より使用されているブレーカーと称される手持ち式のものから、このブレーカーの規模を大きくして大型機械に搭載したものまで各種実用化されている。

この破碎方法の留意点は、①衝撃を利用しているため、大きな振動騒音が発生する。ことである。

#### (4)その他の方法

ウォータージェット、ダイヤモンドカッター、ブルドーザーによるリッピング、火炎ジェットやレーザー、水の圧入等を利用して破碎する方法がある。しかし、これらはいずれも、使用上制約を受けたり、開発途上のもので実用的ではない。

### 3. 割岩機の構造

従来の破砕工法の欠点を改善することを目標として、次の5項目を重点的に割岩機の開発を進めた。

- (1)安全性に優れていること。
- (2)手軽であること。
- (3)振動騒音が発生しないこと。
- (4)コスト的に安価であること。
- (5)繰り返し使用に耐えること。

検討の結果、図-1及び写真-1に示す様な液压利用の割岩機を試作した。

この割岩機の破砕メカニズムの概要は、次のとおりである。まず、割岩機を岩盤に予め削孔された孔内に挿入する。次に、

①高压チューブに②液压を作用させる。この高压チューブの膨張により、③三角柱状のゴムクサビに圧力が作用する。この圧力によりゴムクサビは変形し、かまぼこ形状をした④鋼板(載荷板)に圧力が伝達される。そして、この鋼板から、岩盤内に圧力が伝達され、その結果、岩盤内には、引張り力が発生する。この引張り力により岩盤が破砕される。

本割岩機の特徴は、上述の重点5項目に加えて、機構的に三角柱状のゴムクサビを介して圧力を伝達するため引張り力を集中させることが可能な点にある。すなわち亀裂の発生方向を120度間隔に制御できることから、効率的な岩盤破砕が可能となる。

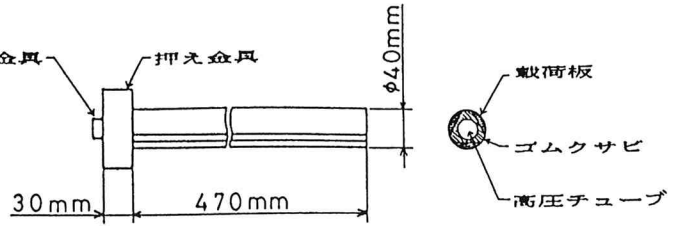


図-1 割岩機構造図

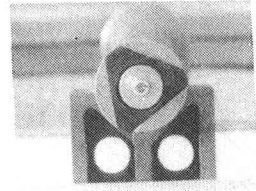
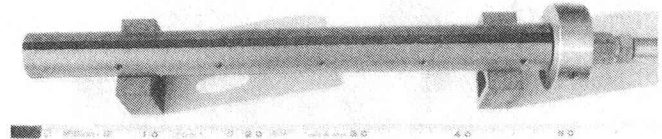


写真-1 試作した割岩機

### 4. 実験方法及び結果

実験に用いた供試体は、セメント：砂が1：3のセメントモルタル及び茨城県笠間市産の稲田花崗岩であり、それぞれの物性値を表-1に示す。

供試体形状は円柱体であり、セメントモルタルにおいては直径50cm、花崗岩は30cm、高さは両方とも70cmである。この供試体の中心部に、外径42mmのビットを用いて深さ50cmまで穿孔した。

実験方法は、この穿孔したボアホールに割岩機を挿入して、最大油圧600kgf/cm<sup>2</sup>の手動ポンプを用いて加圧した。その際、圧力は圧力変換器を用いて、また、孔周辺のひずみを調べる目的で、孔の周囲に12～15枚の3方向ひずみゲージを供試体上面に貼付して、圧力及びひずみを計測した。これらのデータはA/D変換したのち、パーソナルコンピュータに記憶し、試験後大型コンピュータを用

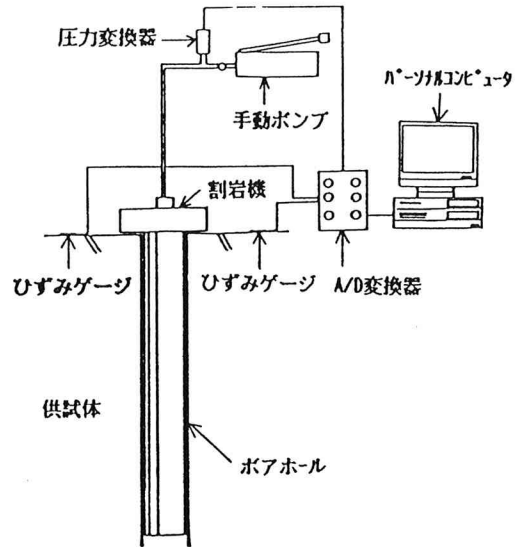


図-2 実験系統図

いて圧力-ひずみ曲線を描いた。  
図-2に実験における計測系統  
図を示す。

また、割岩機が繰返し使用可  
能かを確認するため、1つの割  
岩機で花崗岩を破碎した後直ち  
にセメントモルタルを破碎した。

実験結果として、表-2に今  
回実験を行った供試体の破壊圧  
力を示す。写真-2に花崗岩の  
破壊後の供試体状況を示す。さ  
らに、図-3に花崗岩No.3にお  
ける圧力-ひずみ曲線を示す。  
なお、このひずみは3方向ひず  
みゲージより求めた最大主ひず  
みの中の代表的なものである。

図-3から明らかなように、  
圧力の上昇と共に急激にひずむ  
部分が認められる。このひずみ  
ゲージ貼付位置は写真-2で示  
されている供試体破断箇所近傍  
であり、この部分に応力が集中  
した後破断に至ったことが明確  
である。

表-1 供試体物性値

|                                        | 稲田花崗岩              | セメントモルタル           |
|----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| 一軸圧縮強度 $S_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )    | 1284               | 296                |
| 圧裂引張強度 $S_t$ (kgf/cm <sup>2</sup> )    | 48                 | 21                 |
| 接線ヤング率 $E_{50}$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) | $4.58 \times 10^5$ | $1.01 \times 10^5$ |
| ポアソン比 $\nu_{50}$                       | 0.288              | 0.218              |

$E_{50}$ ,  $\nu_{50}$ は、50%強度時。

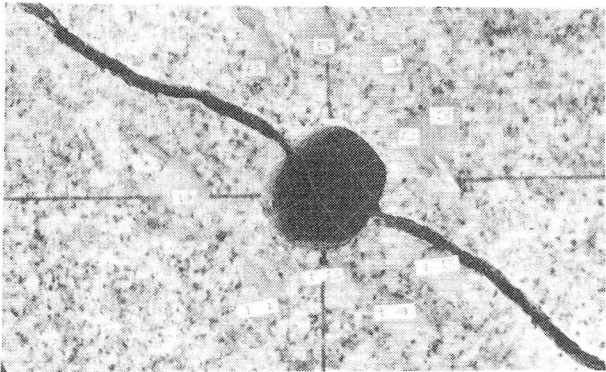


写真-2 破壊後の供試体

表-2 実験結果

| 供試体 NO.        | 破碎圧(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|---------------------------|
| セメントモルタル NO. 1 | 125                       |
| " NO. 2        | 140                       |
| " NO. 3        | 122                       |
| " NO. 4        | 134                       |
| 花崗岩 NO. 1      | 160                       |
| " NO. 2        | 157                       |
| " NO. 3        | 184                       |

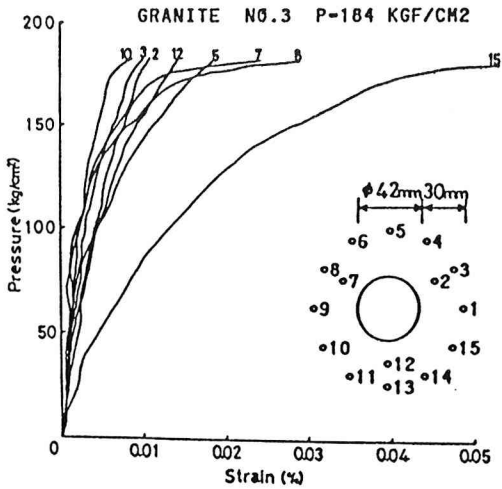
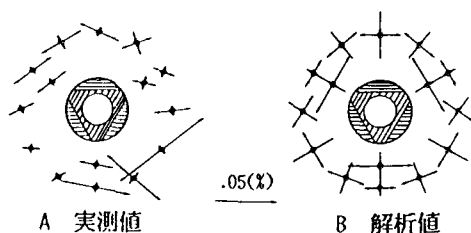


図-3 圧力-主ひずみ曲線の一例（花崗岩No.3）

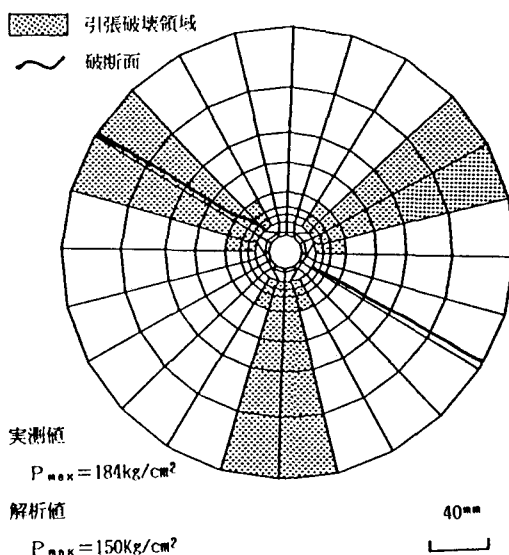
## 5. 数値解析による割岩機能の検証

本割岩装置の機能を検証するために、有限要素法による応力・変形解析を実施することとした。実施した解析は、弾性解析およびNo-tension解析である。弾性解析では、荷重－ひずみ曲線より弾性域と考えられる荷重領域について、実測値による主ひずみ分布と解析より求まる主ひずみ分布を比較し、内部チューブに加えられた圧力が花崗岩供試体に伝達される機構を検証する。また、No-tension解析では、引張亀裂が供試体円周部まで達した荷重を破壊荷重とみなし、解析による破壊荷重と、実測による破壊荷重を比較することとした。両解析では、同一供試体の実測データを用い、表－2花崗岩No.3の実測データについて比較した。なお、計算に用いた物性値は表－1に示す値である。

弾性解析結果として、内圧 $P=170\text{kgf/cm}^2$ における主ひずみ分布の比較を図－4に、No-tension解析結果として破壊荷重及び破壊パターンの比較を図－5に示す。これらの図より、解析結果と実測値はほぼ一致していることがわかる。解析結果が理想化された割岩機能表現しているものとすれば、本割岩装置は、ほぼ機能どおりに作動していることが理解できる。



図－4 主ひずみの比較



図－5 破壊荷重及び破壊パターンの比較

## 6. おわりに

本基礎実験で得られた主な成果は、以下のとおりである。

割岩機の製作にあたっては、まず、数値解析による応力検討を行い、割岩機の構造および仕様を決定した。供試体による割岩実験では、ほぼ解析結果どおりの挙動を示し、本実験の整合性が認められた。

実験結果から、液圧を用いた本割岩機により、静的な岩盤破砕が可能なことが確認された。

今後の課題としては、性能に関する諸問題の検討、および、実岩盤を対象とした複数使用による実用破砕システムの開発等があげられる。

尚本割岩機の試作にあたり、協力を頂いた(有)宮沢製作所関係各位に深甚なる謝意を表します。

## (参考文献)

- 1) 坂野良一；発破によらない低振動岩盤発破工法、建設機械、vol.23、No.1、1967
- 2) 江川常次郎；静的発破工法の現状と将来、石灰石、No.217、1985
- 3) 梶本、村上、本田、萩森；トンネル無発破掘削「OSD工法」の開発、建設の機械化、No.422、1985

(24) BASIC STUDY ON STATIC FRACTURING METHOD BY FLUID PRESSURE

Akimasa WAKU, Syunichi KADOTA, Yoshimasa OHKURA,  
Tatsuya NOMA, Hideyuki MURAYAMA  
(Technical Research Division, FUJITA Corporation)

A B S T R A C T

Usually, blasting is employed for fracturing of rock mass. Though this method is superior to fracturing efficiency, big vibrations and tremendous noises are involved.

But recently, non-blasting fracturing method is demanded for an antipollution measure because rock excavation works near residential area are increased.

In this paper, new developping non-blasting method using fluid pressure is discussed as follows ;

- 1) the circumstance of non-blasting methods.
- 2) an outline of the developping fracturing machine.
- 3) foundmental fracturing experiments in laboratory by mortor and granite specimen.
- 4) investigation of function of this machine in comparison experimental results with numerical analysis.

As results, followings are obtained.

- 1) From laboratory experiments by mortor and granite, behavior of the fracturing machine is almost accorded to the result of the analysis.
- 2) It is confirmed that this fracturing machine can be available for static fracturing.