

PSVI-10 形状記憶合金を用いた岩石破砕器

西松建設株式会社 正会員 ○石山 宏二 正会員 平田 篤夫
 熊本大学工学部 金子 勝比古 西田 稔
 (株) トーキン 山内 清

1. はじめに

近年、都市部あるいは重要構造物の近傍で岩盤等の破砕を実施することが多くなってきている。これにともなって、各種の無発破破砕工法が考案され、実際に工事に適用されている。これらは水圧セル、油圧セルあるいは油圧くさびといった液圧式のものや膨張性破砕剤のような化学反応によって膨張圧を作用させるものと大別できる。破砕時間の点では前者が有利であるものの、周辺設備が不用である面では後者が有利となるなど両者とも施工を行ううえで一長一短を有している。

筆者等は、上記の問題点を考慮して、新しい原理のもとに簡便かつ高能率な岩盤の静的破砕器の開発を行っている。すなわち、通常油圧ジャッキの代わりに形状記憶合金を用い、その回復力を利用して岩石を破砕しようとするものである。

ここでは、試作破砕器について概説し、コンクリートおよび岩石供試体を破砕した結果について報告する。

2. 破砕器の概要

形状記憶合金は線材もしくは板材として使用され、引張変形もしくは曲げ変形後の回復変形や回復力が利用されることが多く、圧縮変形後の回復を利用する使い方は極めて少ない。しかし、圧縮型の回復力は岩石を破砕するために十分な力を示すと考えられている。

ボアホール孔壁に一軸載荷を行う形式の破砕器の場合、Fig. 1に示すように、ボアホール半径を R 、分布荷重を p 、載荷領域の中心角を 2β とおくと、ボアホール周囲岩盤の応力場および変位場はAiryの応力関数を用いて求めることができる。 β の値が小さい場合には最大引張応力は載荷領域端部近傍に生じるが、この領域を除けば載荷域間の孔壁上の引張応力の値はほぼ一様となる。この値を σ_θ とし、壁面上の引張応力を代表させることとすると、 $\sigma_\theta = S_t$ (S_t : 引張強度)とおくことにより孔壁上のき裂発生条件が与えられる。また、岩盤の荷重・変形特性は β の値に依存したものとなる。以上の点と、孔壁上に発生したき裂をある程度の長さまで成長させること、初期状態において破砕器とボアホールの間にある程度のクリアランスがあること等を考慮して破砕器の設計基準を単位荷重 Pu/R 、ストローク率 u/R で表現すると次式の関係となる。

$$Pu/R > \xi_1 S_t \pi \sin \beta / 2\beta \quad u/R > \xi_1 \xi_2 S_t K \pi \sin \beta / 2\beta + \delta$$

ただし、 δ = (クリアランス/ボアホール直径)、 ξ_1 、 ξ_2 はき裂長さに関係した定数で、き裂を有する円孔のDDM解析結果によると、き裂長がボアホール径の数倍程度の場合にはその値は大略2~3となる。 K は β の値によって変動する係数であり、試作器においては $K=1$ である。形状記憶合金としてはTi-Ni合金を使用し、加熱はコードヒータにより行う。回復温度は、作業性を考え50℃前後に設定している。

3. 破砕能力

試作器として、Fig. 2およびPhoto. 1に示すような構造のものを製作した。この試作器の単位荷重 Pu/R とストローク率 u/R の関係はFig. 3のようになる。すなわち、ストロークは小さいが、極めて高い載荷能力を有することがわかる。ここで前述の設計破砕基準のき裂長さに関係した定数を、 ξ_1 、 $\xi_2=3$ として、例えば超硬岩 ($S_t=20\text{MPa}$, $E=60\text{GPa}$) および中硬岩 ($S_t=1\text{MPa}$, $E=10\text{GPa}$) の破砕を想定すると、破

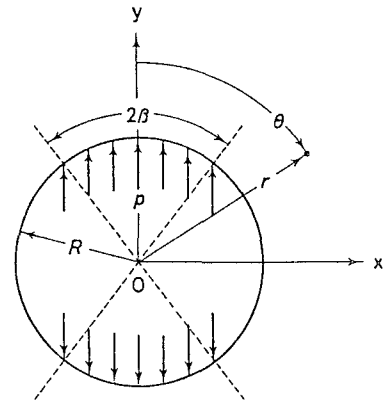


Fig.1 解析モデル

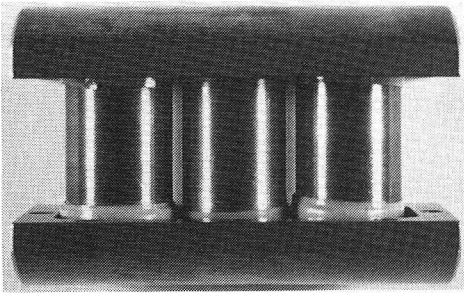


Photo.1 試作破砕器

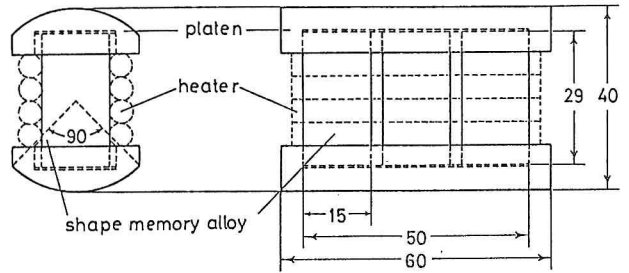


Fig.2 試作破砕器構造

破砕条件は次のようになる。

超硬岩の場合 $P_u/R > 85\text{MPa}$ $u/R > 4.2 \times 10^{-3} + \delta$

中硬岩の場合 $P_u/R > 4.2\text{MPa}$ $u/R > 1.2 \times 10^{-3} + \delta$

従って、Fig. 3の関係と上記の値から超硬岩の場合には $\delta < 1.6 \times 10^{-2}$ 、中硬岩の場合には $\delta < 3.0 \times 10^{-2}$ となるようにクリアランスを調整すれば、試作器によってもこれらの破砕が可能であると考えることができる。

そこで、試作器による破砕実験を行った。供試体は花崗岩（ $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ）、モルタル（ $50\text{mm} \times 40\text{mm} \times 40\text{mm}$ ）の板状であり、中央部に破砕器装着用の $40\text{mm} \phi$ のボアホールを穿孔した。破砕器の花崗岩供試体への装着状況および実験後の破断状態はそれぞれPhoto. 2,3に示すとおりである。なお、花崗岩は加熱後1分40秒で孔壁から瞬時にき裂が成長し、供試体が破断した。モルタルの場合も加熱後1分5秒で同様に瞬時に破断した。

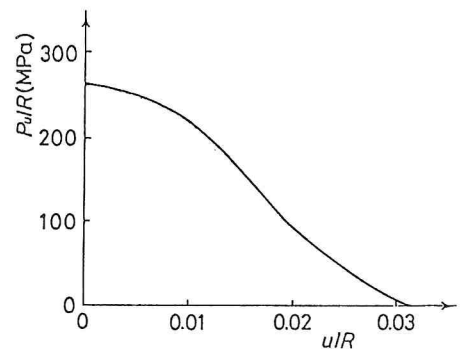


Fig.3 試作器の能力

4. まとめ

形状記憶合金の回復力を利用した岩盤およびコンクリートの静的破砕器を設計、試作し、その性能を実験的に検討した。その結果、本破砕器は極めて高い载荷能力を有し、硬岩破砕にも利用できることを確認した。しかも、本破砕器は小型で加熱用電源以外の周辺設備を必要としないため作業性が高く、実用化は容易と考えられる。

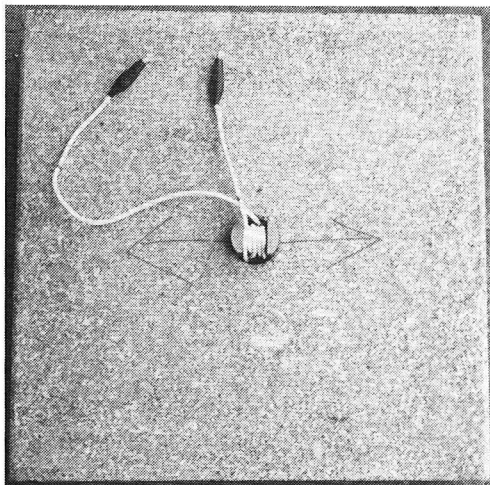


Photo.2 破砕器装着状況

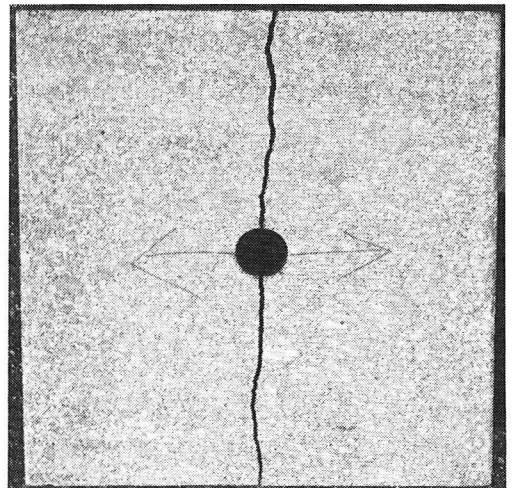


Photo.3 花崗岩供試体破断状況