

Ⅲ - B75

放電衝撃破砕技術の開発(第3報)

- 放電衝撃破砕法の破砕性能と放電エネルギー式の検討 -

日立造船(株) 正)井上鉄也・荒井浩成・前畑英彦

(株)大林組 正)風間慶三・正)須山恭三・正)吉岡尚也

1. はじめに

金属細線を瞬時に熔融・気化するときに発生する衝撃力を利用する放電衝撃破砕法^{1)~4)}は、発生衝撃力の持つ特質を利用して岩盤や岩石等の脆性材の非発破破砕法として活用が期待できる。この放電衝撃破砕法を土木分野へ適用するには、どの程度まで破砕できるかを実験的に確かめておく必要がある。本報告では、放電衝撃発生装置による岩盤破砕テスト結果を述べるとともに、破砕性能と発破の装薬量計算に対応する破砕に必要な放電エネルギー式の検討結果について報告する。

2. 岩盤破砕実験

2.1 心抜き破砕

心抜き破砕実験は、ハンマー打撃により健全な岩盤を選び、穿孔角 $\theta=45^\circ$ 、Vカット高さ $L=30\text{cm}$ 、放電出力4発で、穿孔深さ H を変え、放電電圧 $V=8,000\text{V}$ で2自由面ができる抵抗線 W_1 の最大値を求めた。岩盤強度は、一軸圧縮強度は $100\sim 170\text{MPa}$ である。写真1は、上記条件で最大抵抗線 $W_1=21\text{cm}$ 、孔間隔 45cm における破砕結果を示したものである。幅 $45\text{cm}\times$ 高さ $30\text{cm}\times$ 深さ 25cm (破砕体積 $17,000\text{cm}^3$)において、削孔した4本の孔で切るように破砕できた。



写真1 心抜き破砕結果

2.2 払い出し破砕

払い出し破砕実験は穿孔深さ $H=30\text{cm}$ 一定とし、放電電圧 $V=8,000\text{V}$ および $9,000\text{V}$ において抵抗線 W_2 と孔間隔 D を変えて破砕実験を行い、破砕できる W_2 と D の最大値を求めた。表1はその結果であり、各放電電圧での破砕可能な W_2 と D の最大値は、 $V=8,000\text{V}$ では $W_2\approx D=30\text{cm}$ 、 $V=9,000\text{V}$ では $W_2\approx D=35\text{cm}$ あるいは $W_2=30\text{cm}$ 、 $D=40\text{cm}$ であった。 W_2 と D には $W_2\leq D$ の関係がみられた。

払い出し破砕の破砕結果も削孔した孔を直線で結ぶように破砕され、 $9,000\text{V}-3$ 発で $160,000\text{cm}^3$ 程度の破砕体積が得られた。また、破砕前後のシュミットハンマー値に差異がないこともわかり、本破砕法が制御破砕法として用いることができることもわかった。

表1 放電電圧と抵抗線 W_2 、孔間隔 D の関係

抵抗線 W_2 孔間隔 D	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm
20 cm				
25 cm	○		◎	
30 cm	○	○	◎◎	
35 cm				◎
40 cm			◎	
45 cm			△	

○ : 8,000Vで破砕 ◎ : 9,000Vで破砕(△は亀裂のみ)

斜線 : 8,000V破砕可能範囲

格子 : 9,000V破砕可能範囲

キーワード：放電衝撃，破砕，岩盤，放電エネルギー

日立造船(株) 技術・開発本部 技術研究所 大阪市大正区船町2-2-11 TEL:06-551-9435 FAX:06-551-9849

3. 岩盤破碎の必要放電エネルギー算出式の検討

3.1 破碎体積と必要放電エネルギーの関係

発破の場合、破碎体積に対する装薬量 Q (kg)は、一般的にハウザーの基本式($Q = C W^3$)から求められる。ここで、 C は爆破係数と呼ばれ、岩石抗力係数、てん塞係数および爆薬効力係数の積である。このハウザーの基本式を放電衝撃破碎に適用する場合、 Q を火薬エネルギーとして考え、この火薬エネルギーに相当する放電エネルギー E (ここで $E = \alpha V^2$ (α :放電係数)で表される)に置き換えれば、破碎に必要な放電エネルギー式はハウザーの基本式を以下の補正式で表すことができる。

・心抜き破碎；

$$E_1 = C_1 \cdot \frac{W_1^3}{2n} \left[\frac{L(n-1)}{W_1} + 1 \right] \quad \dots\dots(式1)$$

・払い出し破碎；

$$E_2 = C_2 \cdot W_2 \cdot D \cdot H \quad \dots\dots(式2)$$

ここで、 E :1孔あたりの放電エネルギー、 C^* :放電破碎係数(岩石抗力係数 $\times$ てん塞係数 $\times$ 放電効力係数)、 n : V カットのペア数を表す。前章の破碎テスト結果(岩盤強度が ~ 120 MPaの現場A)から放電破碎係数 C^* を求めると、心抜き破碎の場合は $C_1^* = 2.8$ 、払い出し破碎の場合は $C_2^* = 0.56$ となる。この C^* を代入した放電エネルギー式から、現場Aでの放電エネルギーで破碎できる W 、 D 、 H を求めることができる。

3.2 放電エネルギー式の適用性

3.1で導いた放電エネルギー式が、岩盤強度が ~ 170 MPaの高強度の他現場についても評価するため、てん塞方法や細線条件を同じにして行った実験結果から C^* を求める。表2はその結果を比較したものであり、岩盤強度が異なると C^* も異なることがわかる。したがって、岩盤強度に応じた C^* を事前に求めれば、ハウザーの基本式を破碎体積と放電エネルギー式の関係式として適用できるものと考えられる。

表2 実験結果から得られた放電破碎係数 C^*

破碎法	実験現場	岩盤強度(MPa)	放電エネルギー E (J)	W (cm)	L (cm)	n	D (cm)	H (cm)	C^* (J/cm ³)
心抜き	A	100 $\sim$ 120	16,000	21	30	2	—	—	2.8
	B	120 $\sim$ 170	9,900	18	18	2	—	—	3.4
払い出し	A	100 $\sim$ 120	20,250	30	—	—	40	30	0.56
	B	120 $\sim$ 170	9,900	25	—	—	18	22	1.00

4. まとめ

放電衝撃力発生装置による岩盤破碎テストを行い、以下の結果を得た。

- (1)岩盤破碎テストにより、心抜き破碎では8,000V-4発で抵抗線 $W_1 = 21$ cmを、払い出し破碎では9,000Vで $W_2 = D = 35$ cmあるいは $W_2 = 30$ cm、 $D = 40$ cmの破碎をすることができた。
- (2)岩盤強度に応じた放電破碎係数 C^* を事前に求めれば、放電エネルギー式が現場レベルで適用できることがわかった。

参 考 文 献

- 1)荒井,大工,塚原,井上,前畑:土木学会第26回岩盤破壊に関するシンポジウム要旨,p261(1994)
- 2)前畑,荒井,井上,大工,塚原,加藤:放電衝撃破壊技術の開発,日立造船技報,Vol156, No. 4, p52(1996)
- 3)井上,荒井,前畑他:放電衝撃法を利用した岩石破碎実験,土木学会第51回年次学術講演会,Ⅲ-174(1996)
- 4)風間,須山,吉岡他:放電衝撃法を利用した岩盤破碎実験,土木学会第51回年次学術講演会,Ⅲ-176(1996)