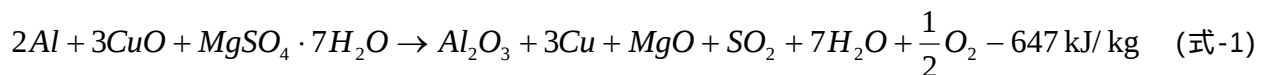


水蒸気膨張圧＜非火薬破碎剤＞による岩盤掘削

佐藤工業(株) 正会員 河 野 興
 国交省大分河川国道事務所 馬 場 芳男
 (株)友岡建設 矢須田 生市
 佐藤工業(株) 大 田 清市

1. はじめに

テルミット反応(金属酸化還元反応)の際に生じる高熱・高温(3000 程度)により瞬間的な水蒸気膨張圧発生機構を持つ破碎剤を用い岩盤掘削を実施した。本破碎システムは、イニシエータ{起爆剤;点火($C_6H_3NO_4Pb$, $KMnO_4$)・発火剤(Al , CuO , S)}, 破碎剤(成分: Al , CuO , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$)と点火器から構成されている(写真-1)。破碎剤の反応式を下記に示す。



非火薬・非危険物成分からなる本破碎剤は、火薬取締法の適用を受けないため安全性・利便性は高い(1式)。また、爆薬に比べ反応速度およびガス量が小さいことから、低振動での破碎が可能であり、さらに、イニシエータは段数も多く、起爆秒時は電子制御されており精確な起爆秒時での多段式破碎が可能である。



写真-1 破碎剤, イニシエータ,
点火器

2. 破 碎

【工事名】大分 57 号 大野竹田道路屋原二反田地区改良外工事

【施工箇所】大分県豊後大野市大野町

【地質】地質は、阿蘇火砕流堆積物(非溶結部～強溶結部)から構成されており、強溶結部の溶結凝灰岩の上下に非溶結部～弱溶結部の溶結凝灰岩(火山灰～半固結)が分布する地質構造をなしている。

掘削対象の大半は強溶結部の溶結凝灰岩であり、一軸圧縮強度は $12 \sim 22 \text{ N/mm}^2$ 程度で軟岩 相当であるが、割れ目の発達がほとんど見られない塊状地山となっていることが機械掘削を困難なものにしている。

1) 試験破碎

今日、爆薬による破碎は実用例も多く、抵抗線・孔間隔等は経験値より推察することは容易であるが、本破碎剤(反応速度: $200 \sim 300 \text{ ms}$, ガス量: 351 l/kg)は、爆薬(含水爆薬: 爆速($5,800 \sim 6,000 \text{ m/s}$), ガス量(826 l/kg))に比べ性能は小さく、本破碎剤を用いた破碎では、爆薬を用いた原単位より大きくなることと推察された。

また、本破碎剤の破碎速度は緩やかであることから、込め物長が短い場合装薬孔の弱部に初期応力が働き易くなり、鉄砲現象(吹出し)を引き起こすことが考えられる。この現象が発生した場合、十分な破碎効果を得ることは難しいため、今回破碎剤装薬長の $1 \sim 2$ 倍と通常より大きな込め物長を採用することとした。しかし、これにより未装薬部分周辺において大塊を発生することが想定された。

破碎剤の性能、地質条件等を勘案し試験破碎での抵抗線・孔間隔、削孔長を定めた(表-1)。

(1) 試験破碎・環境測定結果

一回目の破碎では、抵抗線・孔間隔が小さいことから破碎効果は良好であった。この結果を踏まえ、二回目の破碎では抵抗線・孔間隔をそれぞれ 20 cm 広げ、削孔長は同じとした。

その結果、破碎剤原単位は、一回目(1.48 kg/m^3), 二回目(0.83 kg/m^3)となった。原単位は減少したものの未装薬部での大塊発生率は大きかった。

表-1 試験破碎条件

項 目	1回目	2回目
削孔径(mm)	45	45
削孔長(m)	1.2, 1.7	1.7
孔間隔(m)	0.6	0.8
抵抗線(m)	0.6	0.8
孔 数	38	38
kg/孔	0.4, 0.8	0.8
斉発量(kg/段)	4.8	4.8
総薬量(kg)	28.0	30.4

キーワード: 非火薬破碎剤, 非危険物破碎剤, 水蒸気破碎, テルミット反応, 振動低減

連絡先: 〒103-8639 東京都中央区日本橋 4-12-19 TEL: 03-3661-4794 FAX: 03-3661-6877

環境測定の結果、振動は 60 ～ 68dB 範囲にあり構造物には影響がないレベルと言える¹⁾。騒音は、67 ～ 75dB 範囲にあり “ 騒々しい街頭 ” 程度の影響であった (表-2)。

2) 本破碎

(1) 破碎結果

2 回の試験破碎結果を踏まえ、本破碎を行った。

抵抗線・孔間隔は、1.0m × 1.0m、1.1m × 1.1m、1.2m × 1.2m 等とし、削孔長は破碎箇所条件により選択した。実証例を図-1 (抵抗線 × 孔間隔：1.2m × 1.2m。括弧内数字：起爆番号) に記す。最終破碎剤原単位(0.58kg/m³)は、爆薬破碎(0.25 kg/m³)²⁾と比べ大きい値であった。

大塊の寸法は、孔間隔・抵抗線の大小に準拠したが、大塊の処理は、機械 (ブレイカ等) により適切な大きさに破碎可能な寸法であった。

(2) 環境測定結果

環境測定は、振動、騒音を測定した (表-2)。

表-2 環境測定結果

B: 抵抗線 (m)	S: 孔間隔 (m)	総量 (kg)	発発量 (kg/段)	民家			市営住宅		
				距離 (m)	振動 (dB)	騒音 (dB)	距離 (m)	振動 (dB)	騒音 (dB)
0.6	0.6	28.0	4.8	75	68	71	100	60	67
0.8	0.8	30.4	4.8	75	62	71	100	68	75
1.0	1.0	14.0	2	70	62	75	90	46	65
1.0	1.0	26.0	2	70	62	78	90	46	72
1.0	1.0	76.0	4	75	69	75	95	71	66
1.0	1.0	75.0	4	75	70	68	95	68	76
1.2	1.2	63.0	4	75	86.5	69.8	100	65.9	88.5
1.2	1.2	52.0	2	75	80.4	70.8	100	63.2	86.2
1.2	1.2	42.0	2	70	73.9	69.7	80	63.5	87.1

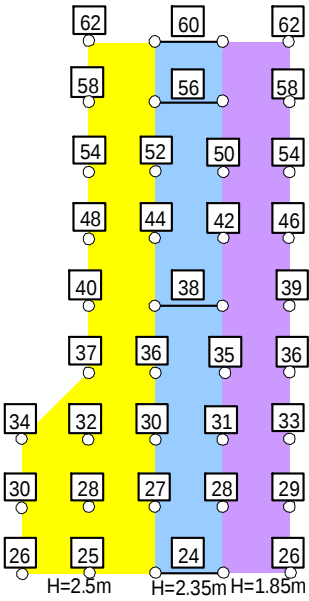


図-1 破碎パターン例

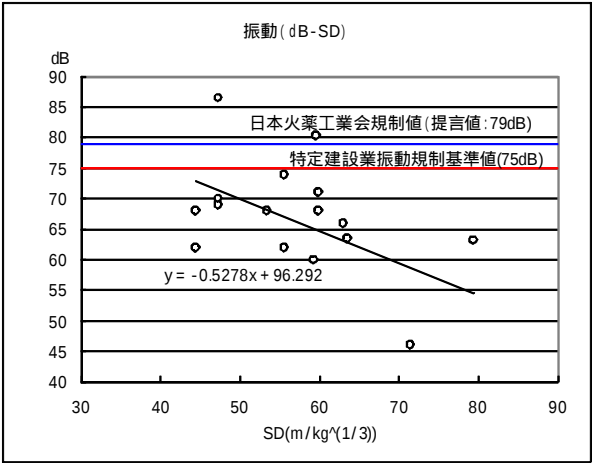


図-2 振動レベルとスケールディスタンス

振動レベル、騒音レベルは、概ね試験破碎時と同様であった。スケールディスタンスとの関係および官庁・学会等の規制値を図-2,3 に記す。それぞれ規制値を上回る値が数例見られるが、概ね小さい値を示している。

振動に相関性は見られるが、騒音の相関性は小さい。環境条件である風向き・風力が要因の一つと考えられる。

3. まとめ

振動低減を目的に開発された本破碎剤での中硬岩破碎において、振動レベルの評価¹⁾では、概ね「人体にはよく感じるが、構造物には影響なし～一般の人々が振動を感じる」の範囲に、騒音レベルは提言値¹⁾を満たしている。

今後は、大塊発生を少なくする破碎剤の形状・寸法、破碎パターンの開発と、さらなる破碎効率を向上させる施工法を検討する必要がある。

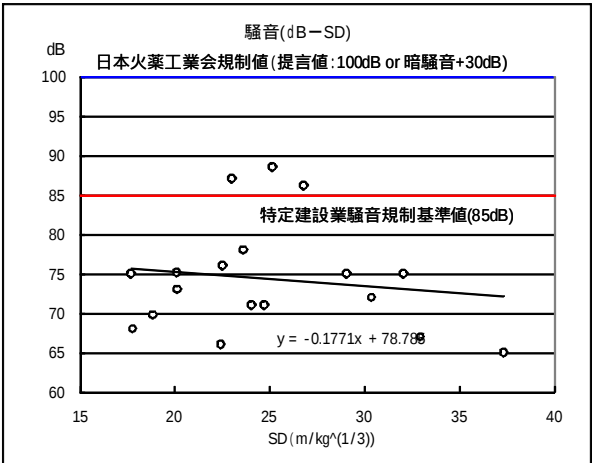


図-3 騒音レベルとスケールディスタンス

参考文献

- 1) あんな発破 こんな発破：日本火薬工業会，平成 14 年 3 月
- 2) ダム工事積算の解説平成 21 年度版：(財)ダム技術センター