

# ベンチ発破における火薬原単位が起砕物挙動に与える影響の研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 4年 山口 耕太郎

## 1. はじめに

発破工法は、鉱山採掘を安全かつ経済的に行うための重要な技術の一つである。しかしながら発破作業は、法令により火薬類の使用が制限されており、飛石、振動、騒音など他の工法に比べ周辺環境に悪影響を及ぼす可能性が高いといえる。特に、飛石は火薬類使用に伴う事故の約7割を占めており、起砕物の飛翔挙動の解明とその制御技術を確認することは安全工学上、常に重要な課題である。そこで、本研究では、安全かつ効果的な発破設計指針の確立のための基礎的知見を得るために、鹿児島県枕崎市に位置する岩戸鉱山において試験発破を行い、火薬原単位が飛翔範囲・飛翔方向等の起砕物挙動に与える影響について種々検討した。

## 2. 現場試験

まず発破前の岩盤状態を把握するために、切羽表面をデジタルカメラで撮影し、岩盤の亀裂状態を把握するとともに、クリノメーターで亀裂の走向及び傾斜を計測した。発破時には、切羽面に対し水平な位置に高速度カメラを設置して、発破直後の起砕物の飛翔角度を計測した。発破後、起砕物をデジタルカメラで撮影し、その画像から粒度解析ソフト **Split-Desktop** を用いて起砕物の粒度分布を求めた。また、デジタルカメラを用いて切羽上部から起砕物の飛翔状況を撮影した。

## 3. 結果およびまとめ

### 3-1 火薬原単位が起砕効果及び飛翔範囲に及ぼす影響

起砕物の飛翔状況を定量的に評価するため、本研究では図1に示すように切羽面の長さ及び起砕物の飛翔距離で規定される三角形の面積を飛翔範囲と定義し、火薬原単位と飛翔面積の関係について検討した。この結果を図2に示すが、火薬原単位の増加に伴い飛翔範囲が大きくなるのが分かる。一方、岩盤の亀裂状態および起砕物の粒度分布から、火薬原単位が増加しても起砕効果に顕著な変化が認められなかった。このことから、火薬原単位の増加に伴い増大した発破のエネルギーは、岩石の破壊ではなく起砕物の飛翔に費やされたと考えられる。

### 3-2 岩盤内亀裂が起砕物の飛翔方向に及ぼす影響

図3に岩盤内亀裂の走向角度と起砕物の水平方向の飛翔角度 $\theta$ の関係を示す。ここで、走向角度とは岩盤内亀裂の走向と切羽面とのなす角であり、飛翔角度 $\theta$ とは図1中に示す切羽面の垂線と起砕物の飛翔方向とのなす角である。図3より、走向角度と起砕物の水平方向の飛翔角度 $\theta$ には相関性が認められる。さらに、岩盤内亀裂の傾斜角度と図5に示す起砕物の飛翔角度 $\theta'$ (仰角)にも関係性が認められたことから、起砕物の飛翔方向は岩盤内亀裂の走向および傾斜に依存すると考えられる。

### 3-3 ステミング長が起砕物の飛翔方向に及ぼす影響

ステミングは発破孔に火薬を入れた際に蓋の役割を果たしており、同じ孔径およびベンチ規格で火薬原単位を変化させるとステミング長が変化するという関係がある。図4より、ステミング長が短くなると飛翔角度 $\theta'$ が増加するという傾向が確認された。これは、切羽上面の自由面までの距離が短くなることで発破のエネルギーが上方に放出されやすくなったためである。また、最小抵抗線に比べステミング長が短くなると、起砕物の飛翔角度 $\theta'$ が急激に増加し、発破孔口への鉄砲飛石の発生リスクが高まることから、ステミング長は最小抵抗線以上の長さを確保すべきであると考えられる。

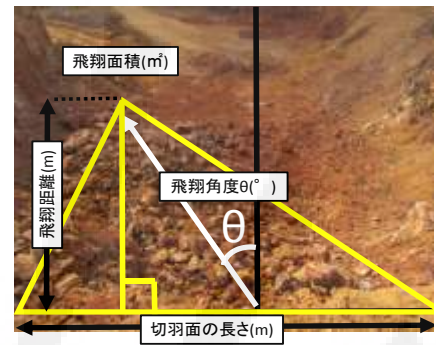


図1 飛翔範囲の定義

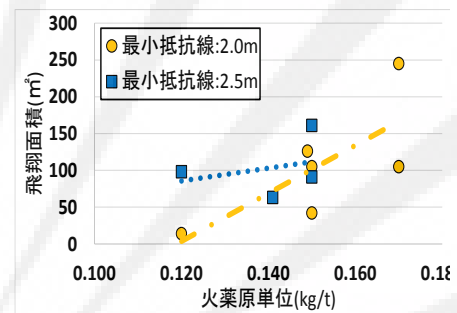


図2 火薬原単位－飛翔範囲

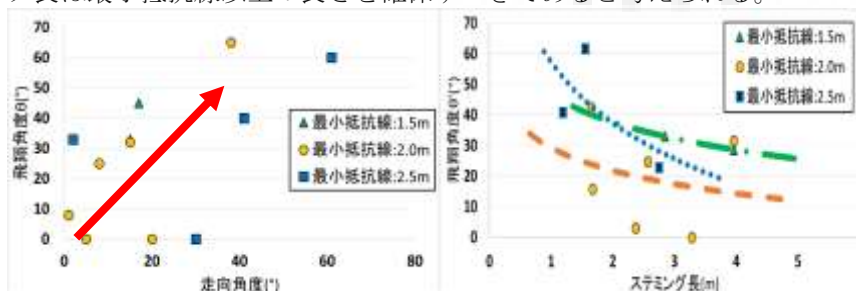


図3 走向角度－飛翔角度 $\theta$ の関係

図4 ステミング長－飛翔角度 $\theta'$ の関係



図5 飛翔角度定義