

露天掘り鉱山における発破起砕物の飛翔挙動予測 および飛石の発生リスク評価に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 三澄友輝

1. はじめに

露天掘り鉱山における発破を用いた採掘作業では、発破振動や飛石などの環境・保安問題で採掘作業が大きく制限されることが多い。特に、飛石は鉱山内の人的被害や設備損傷のみならず、近隣の建物や周辺住民等にも直接的な被害をもたらす可能性があるため、その発生要因を把握し、適切な対策を講じなければならない。本研究対象鉱山である赤石鉱山は、小規模な露天掘り金鉱山であり、周囲には茶畑や国道が隣接することから、当鉱山において安全で持続可能な操業を行うためには、起砕岩石の発生機構ならびにその飛翔特性に及ぼす岩盤状態や発破規格の影響を明確にし、飛石制御技術を確立することが喫緊の課題となっている。そこで本研究では、赤石鉱山において現場試験を実施し、ベンチ発破における起砕物の飛翔特性および岩盤の起砕特性に及ぼす切羽の方向や岩盤状態の影響について種々検討を行った。

2. 研究方法

本研究では、対象鉱山における発破による起砕物の飛翔挙動を多角的に評価するため、現場調査、画像解析および岩石力学特性試験による検討を行った。試験切羽における岩盤内節理の状況を把握するため、発破前にクリノメーターを用いて卓越する節理の走向・傾斜を測定した。また、試験切羽を正面からデジタルカメラを用いて撮影し、画像解析により節理を抽出後、節理で区切られたき裂のない部分を1つの岩石ブロックとしてそれらの粒度分布を推定した。発破後、ドローンを用いて上空から起砕物を撮影し、起砕物の飛翔距離や飛翔方向を求めるとともに、画像解析により起砕物の粒度分布を求めた。発破による起砕挙動を定量的に評価するため、発破による岩石の起砕の程度を示す指標として図1に示す起砕効果を導入した。さらに、各試験切羽において起砕物から岩石試料を採取し、各種力学試験に供した。

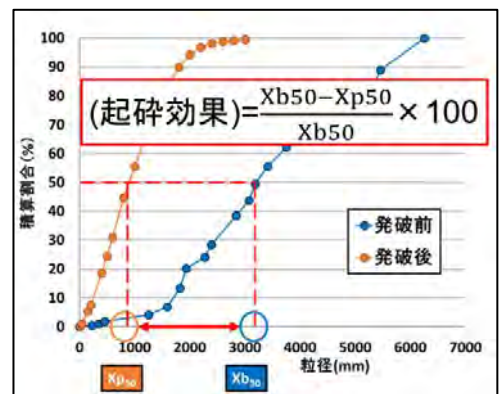


図1 発破前後の粒度分布と
積算粒径50%の起砕効果

Xb50 : 岩石ブロックの積算50%粒子径
Xp50 : 起砕物の積算50%粒子径

3. 結果およびまとめ

現場調査の結果、本鉱山では岩盤内節理が南北および東西方向に卓越していることが明らかとなった。そこで、切羽面の走向に着目してベンチ発破による起砕物の飛翔特性および岩石の起砕効果について実験結果を整理し種々検討を行った。図2に切羽面の走向別に整理した起砕物の飛翔距離を示す。図2より、切羽面の走向が北東-南西方向の切羽において起砕物の飛翔距離が最も大きく、南北方向、東西方向の順に起砕物の飛翔距離が小さくなる傾向が認められた。起砕物の飛翔距離が大きい切羽では、切羽面の走向と節理の走向の交差角が小さく、節理の傾斜が切羽面の傾斜と逆方向になっている場合が多く認められた。一方、起砕物の飛翔距離が小さい切羽では、切羽面の走向と節理の走向の交差角が比較的大きく、節理の傾斜が切羽面と同一方向になっている場合が多く認められた。さらに、図3に示すように起砕効果に関する検討結果から、起砕物の飛翔距離が大きい切羽では、起砕効果が小さく、特に粒径の大きい岩石ブロックが起砕されにくい傾向が認められた。以上の結果から、本鉱山では、切羽方向と節理構造との関係を考慮した発破設計が重要であることが明らかとなった。

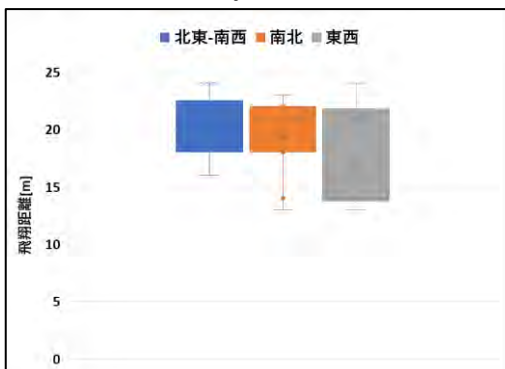


図2 切羽の方向（切羽面の走向）と
起砕物の飛翔距離の関係

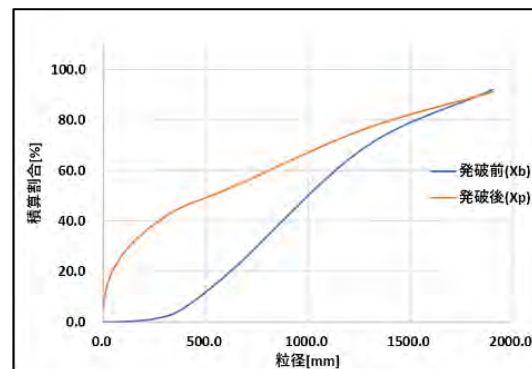


図3 起砕物の飛翔距離が大きい切羽における
発破前後の粒度分布の一例