

石灰石鉱山における高精度秒時電子雷管を使用した制御発破の実績

鹿島建設(株) 正会員 ○松原功明 土門 明 村上和哉 手塚康成

1. はじめに

龍振鉱業(株)・太平洋セメント(株)大船渡鉱山では、次期鉱区開発のために、ベルトコンベア用のトンネルを掘削している。本報は、新規トンネルと既設の石灰石破碎室の接続部において高精度秒時電子雷管を使用した、発破掘削の実績を示す。

2. 施工の概要

施工位置の概要を図-1に示す。当該箇所は、ベルトコンベアの乗継ぎ設備設置のため、断面が大きくなっている。既設破碎室では破碎設備が稼働しており、発破振動の破碎室への影響を抑制する必要があった。地質は、古生代の時代未詳の石灰岩層であった。

振動の許容値としては、企業者同種工事での管理実績との比較から、振動レベル計による測定値から一般式を使用した換算値として、振動速度 3kine 以下と指定された。これは、振動レベルでは 92dB 以下に相当するため、実際の管理は、これを運用した。掘削は、計画断面と破碎室が先行して近づく位置に振動計レベル計 (RION 社製の VM-55) と振動速度計 (sigicom 社製の C12) を設置し、発破振動を計測しながら施工した。発破振動を許容値以下に抑えるため、断面が大きい区間は分割掘削とした。本掘削に先立ち、高精度電子雷管による振動抑制効果を最大限に発揮するため、振動の重ね合わせによる相殺効果を期待し、単発発破時の振動波形を取得した。その結果から起爆秒時間隔を設定し、本掘削を実施した。

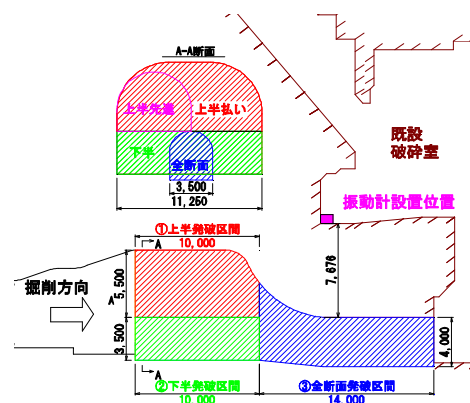


図-1 施工位置（縦断面図）

3. 発破掘削の結果

(1) 起爆秒時間隔の設定

本掘削に先立ち実施した単発発破の振動波形を図-2に示す。単発発破では、1孔につき含水爆薬 0.4kg (0.2kg×2本) を装填し、2孔を同時に爆発させた。振動速度計と発破位置の距離は 16.6m であった。発破の結果、単発であるにもかかわらず複数の波が観測され、岩盤の硬さや既設空間からの反射の影響を受けている可能性が考えられた。

次に、この波形について自己相関分析を実施した結果を図-3に示す。起爆秒時間隔については、自己相関分析において負の相関が強い秒時間隔を設定した場合に、振動波が相殺され、全体としての振動が低減できる可能性がある。この図から、3ms において最も強い負の相関が確認されていたが、極端に短い秒時間隔による死圧で不発が発生する可能性を懸念し、これは適用しなかった。その他の負の相関が得られた秒時間隔のうち、7, 12, 17ms の秒時間隔で発破を行った場合に推定される波形を図-4に示す。なお、重ね合わせの結果、いずれの場合も最大の振動速度は単発発破よりも大きくなった。これは、複数の波形が干渉することにより、設定した負の相関で打ち消しあう以上に、そ

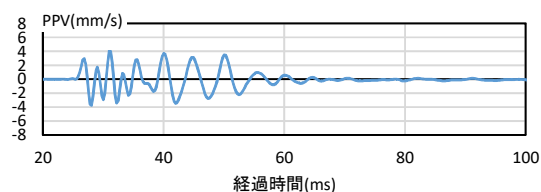


図-2 単発発破時の波形

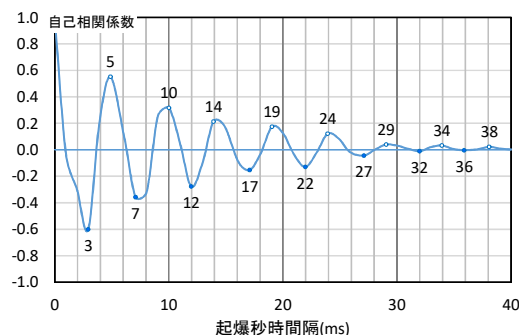


図-3 単発発破波形の自己相関係数

キーワード 電子雷管, 振動速度計, 石灰岩

連絡先 〒980-0802 仙台市青葉区二日町 1-27 鹿島建設株式会社 東北支店 TEL 022-261-7111

れよりも秒時間隔が小さい正の相関の重なりによる増幅分が大きくなっているものと考えられる。

以上より、今回の制御発破では、振動波の重ね合わせによる振動低減効果は期待できないと判断した。しかし、振動レベルは振動持続時間が長いほど高くなる傾向があることから本施工における秒時間隔は、起爆秒時間隔がある程度短く、単発発破に対する振動増加率も小さい17msを適用した。

(2) 本施工結果

図-1の切羽に至るまでの掘削（平成29年3月まで実施）は、電気雷管を使用した。その際は、振動レベル計までの距離19mにおいて、最大斉発薬量14.2kgで84.9dBを記録した。そのため、これ以上の発破掘削は非効率と判断し、発破を中止した。今回の電子雷管を使用した全発破においては、目標値である92dB以下を満足でき、破碎室での振動体感と設備の目視からも異常は見られなかった。なお、貫通先への発破影響を考慮して貫通部近傍の3mはブレーカ掘削とした。

振動の伝達距離と振動レベルの関係を図-5に示す。下半発破の際は、上半が空洞になっているため、振動は岩盤を伝達して測定器に到達するものとして、伝達距離を計算した。貫通部に近づくにしたいが斉発薬量を減少させることによって、すべての発破において許容値を満足することができた。

次に、振動速度と振動レベルの関係を図-6に示す。図中には換算の一般式も示した。なお、振動速度計のデータは、振動レベル計の感度と合わせるために、100Hzローパスフィルタ処理を行った。振動レベル計の測定値は人の感覚閾値に応じた補正が成されており、振動波形の低周波成分が大きいほど、また振動の持続時間が長いほど高い値を示す。そのため高精度電子雷管を使用して短い秒時間隔で発破した場合、起振周波数は高くなり（17msの場合は59Hz）、振動持続時間は短くなるため、振動レベルの近似式は電気雷管でのデータが主となっている一般式よりも小さくなる。今回の計測でも近似式を計算すると振動レベルが一般式よりも4dB小さくなる結果となった。なお、今回のデータにおいては、振動レベルからの換算値だけでなく、振動速度計での測定値においても、許容値である3kine以下を満足することができていた。

4. まとめ

- ・高精度秒時電子雷管を使用することによって、斉発薬量を低減することができ、破碎室直下の最短離隔での通過を含めた全ての適用範囲で、発破振動を許容値以内に抑えることができた。
- ・単発発破試験において複数の波が観測されたため、波の相殺による効果的な振動の低減を実施することができなかった。これは、岩盤の硬さや既設空間からの振動の反射の影響を受けている可能性が考えられた。
- ・高精度秒時電子雷管を使用することにより、本施工では振動レベルから振動速度に変換する一般式よりも4dB相当の低減が確認できた。

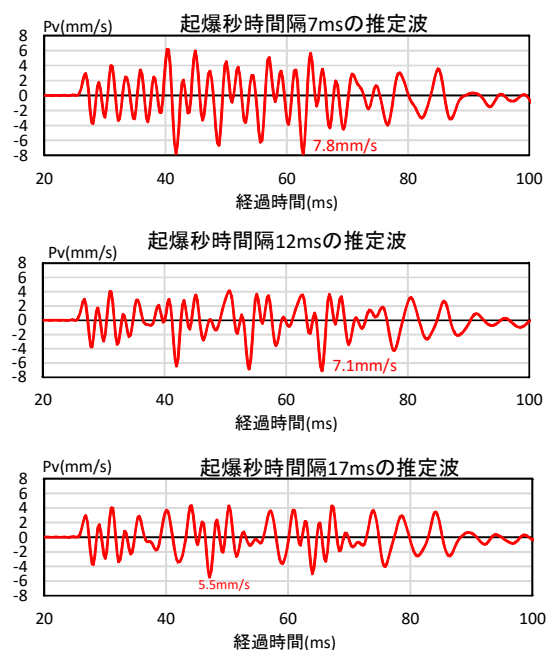


図-4 波形の重ね合わせ

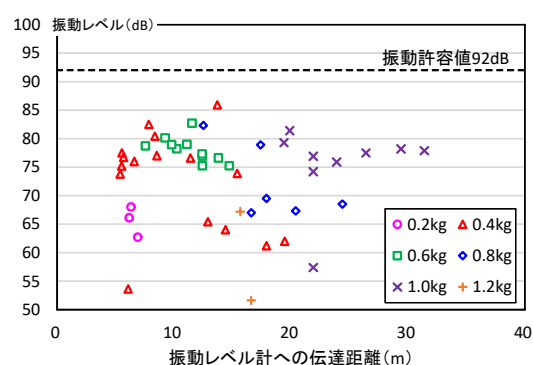


図-5 距離と振動レベル

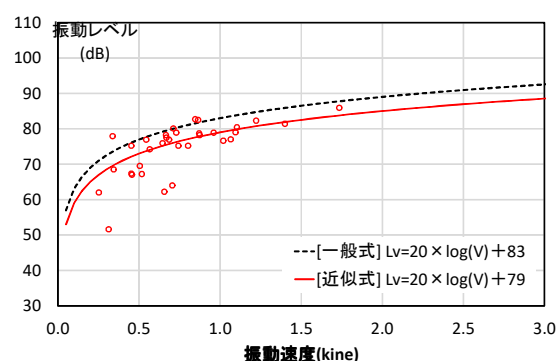


図-6 振動速度と振動レベル