

石灰石鉱山における発破振動挙動の数値解析的研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 学部4年 山口泰介

1. はじめに

発破作業は、鉱山や土木の分野で重要な技術として古くから利用されてきた。最近では都市部の構造物解体にも適用が試みられるようになり、改めてその有用性が認識されつつある。しかしながら、発破作業は、法令によって火薬類の利用が制限されていることをはじめ、火薬類に対する危険な印象や振動・騒音・飛石など、他の工法よりも周辺環境に悪影響を及ぼす可能性が高いことが挙げられる。そこで本研究では、振動・騒音・飛石の中でも比較的広範囲に影響を及ぼす発破振動に着目し、周辺環境への影響を事前に評価し公共の安全を確保しながら発破作業を効率的に行うために、発破の伝播特性を把握し、発破振動の予測を目的とした現場実験および数値解析を行った。すなわち、石灰石鉱山において発破振動の実測を行うとともに、有限要素法による数値シミュレーションを試み、発破振動の解析手法の確立とその適用性について検討した。さらに、各種岩盤物性値ならびに岩盤内に存在する挟み層の発破振動に及ぼす影響についても検討した。なお、挟み層とは岩盤内に存在する異なる物性値を持つ泥質岩や粘土および亀裂等を想定したものである。

2. 現場計測および数値シミュレーションの概要

2-1 現場計測

本研究では、福岡県内の石灰石鉱山である H 鉱山で現場試験を実施した。図 1 に発破振動測定概要図を示す。振動計測点は、発破孔列中央からベンチの起砕面に対して垂直となる方向に、発破孔列から 45m、75m、150m 離れた地点とし、それぞれ振動加速度センサー BM1、BM2、BM3 を設置した。

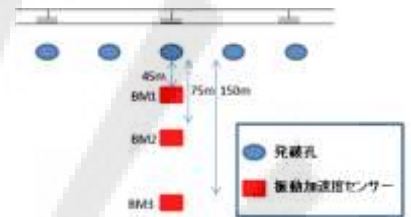


図 1 発破振動測定概要図

2-2 数値シミュレーション

現場計測データを元に、発破振動現象を解明するために 2 次元有限要素解析コード LS-DYNA を用いて実験現場をモデル化して発破振動シミュレーションを行った。図 2 に解析モデルを示す。また、爆源部要素に実測値に適合する圧力関数として式(1)を導入した。

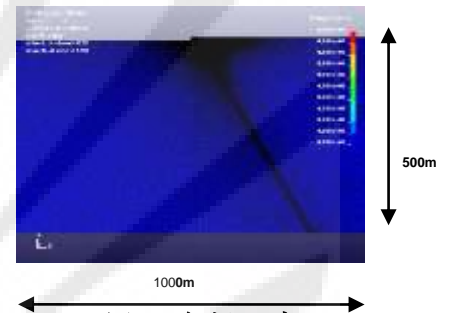


図 2 解析モデル

$$P(t)=5.07 \{ \exp(-350t)-\exp(-525t) \} \text{ (MPa)} \cdots (1)$$

入力物性値は、現場で採取した試料を力学試験に供した結果を用いた。なお、発破振動挙動の評価および検討には、最大粒子速度（以下 PPV）を用いた。

3. 結果およびまとめ

まず、図 3 に H 鉱山における発破振動の現場計測結果と数値解析結果を示す。ここで、換算距離は $R/W^{1/3}$ (R : 発破孔からの距離 (m)、 W : 装薬量 (kg)) である。この結果から、本解析手法を用いることで発破振動挙動の定量的な予測が可能となり、解析モデルおよびパラメータの妥当性が確認できた。次に、本解析手法を用いて発破振動挙動に及ぼす各種岩盤条件の影響について種々検討した。その結果、発破振動挙動は岩盤のヤング率の影響を大きく受け、図 4 に示すように岩盤のヤング率が小さくなるほど発破振動の減衰傾向が増大することがわかった。さらに、図 5 に示すように、挟み層の存在およびその数の増加に伴い、発破振動の著しい減衰が認められ、発破振動挙動は応力波の伝播経路上の亀裂や粘土層等の影響を大きく受けることがわかった。以上の結果から、岩盤のヤング率ならびに粘土層や亀裂等の賦存状況を把握しモデル化することで、正確な発破振動予測が可能になると考えられる。

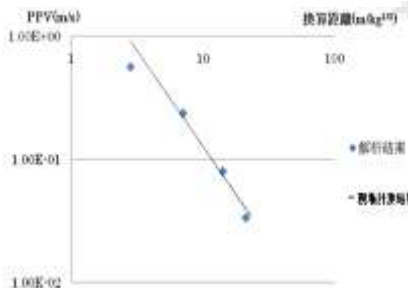


図 3 H 鉱山における現場計測結果と数値解析結果

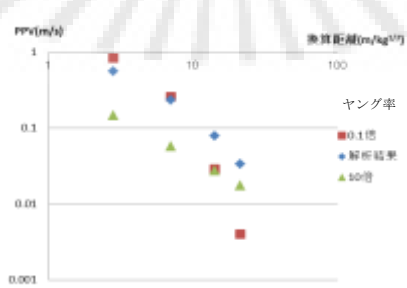


図 4 発破振動に及ぼす岩盤のヤング率の影響

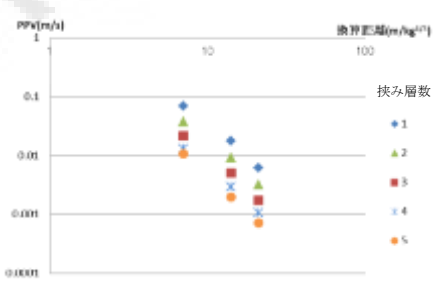


図 5 発破振動に及ぼす挟み層の影響