

露天掘り鉱山における段発発破の起爆秒時差が

発破振動に与える影響に関する研究

岩盤・開発機械システム工学研究室 修士2年 西森光輝

1. はじめに

発破工法は、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が、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、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工法と言える。通常、発破作業ではMS雷管やDS雷管を使用し、起爆秒時差が設定されている。適切な起爆秒時差を設定することで、発破振動の低減が可能であることが経験的に知られているが、理論的な検討が十分になされていない。そこで本研究では、操業中の露天掘り鉱山において一連の発破試験を実施するとともに、2次元有限要素法による数値解析を実施することで、起爆秒時差が発破振動に与える影響ならびに発破振動を低減するための起爆秒時差の設定指針に関して種々検討を行った。

2. 現場試験結果

図1に起爆秒時差25msおよび50msにおける最大粒子速度(Peak Particle Velocity, 以下PPV)と換算距離の関係を示す。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。図1より、起爆秒時差を設けることで、起爆秒時差を設けない斉発発破に比べPPVが小さくなること、また、起爆秒時差50msよりも25msの方がPPVを低減できることが明らかとなった。この要因に関して、図2に示す各起爆秒時差における粒子速度の時間履歴に着目すると、起爆秒時差25msの場合において、応力波の干渉に起因すると思われる粒子速度の減衰傾向が確認できた。そこで図2中に示す、応力波の干渉を受けていないと推定される区間における粒子速度波形の周波数解析を行った結果、波形の周波数は14Hz~17Hzであった。図3に示すように、17Hzの単発波を想定すると、起爆秒時差25msの場合、応力波の弱め合いが発生し、振動が低減される一方で、起爆秒時差50msの場合には応力波が強めあうことで振動が増幅することが示唆された。

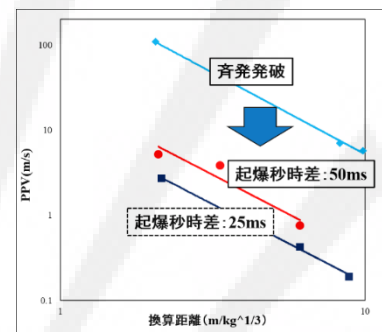


図1 各起爆秒時差における換算距離とPPVの関係

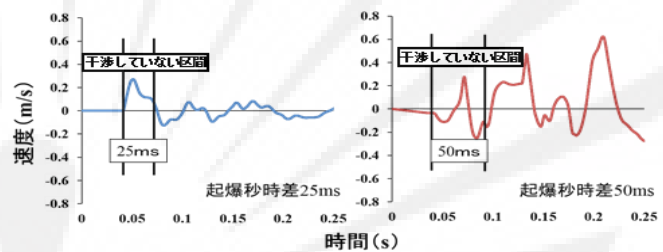


図2 各起爆秒時差の粒子速度波形の一例

3. 数値解析結果

現場試験では、使用する雷管の制約から起爆秒時差25msおよび50msにおける発破振動の現場計測のみを行った。そこで、更なる検討のため、2次元有限要素解析コードLS-DYNAを用いて研究対象現場をモデル化し、起爆秒時差が発破振動に与える影響について数値解析を実施した。数値解析により算出した起爆秒時差とPPVの関係を図4に示す。数値解析の結果、今回試験を実施した鉱山では、起爆秒時差を30msにすることで、最も発破振動を低減することが可能であると明らかになった。

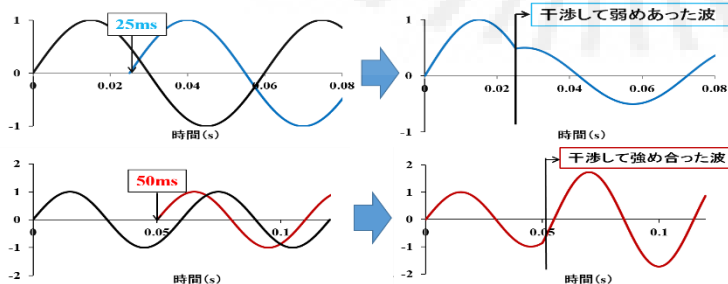


図3 17Hzの単発波が伝播する場合における各起爆秒時差が干渉に及ぼす影響に関する概念図

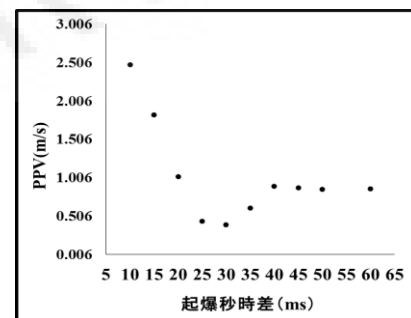


図4 起爆秒時差とPPVの関係