

VI-143

精密制御起爆による発破振動軽減効果について

資源環境技術総合研究所	正会員	緒方雄二
資源環境技術総合研究所		和田有司
資源環境技術総合研究所		D.S. Mehta
資源環境技術総合研究所	正会員	瀬戸政宏
資源環境技術総合研究所	正会員	勝山邦久

1. まえがき

発破作業は鉱山・土木分野では重要な作業であり、特に山岳トンネルの掘削では最も普及した掘削方法である。しかし、近年山岳トンネルの他に、都市部の地下を横断するトンネル工事の際には、爆薬の爆轟に伴い発生する発破振動の制御が大きな問題となっている。一般的な発破振動対策としては、1回の発破作業で使用する装薬量の少なくする方法や1段の発破で使用する薬量を少なくするために段発破の段数を増やす方法が用いられる。しかし、これらの方法では発破による破碎効率や作業効率を低下させ、掘削経費の増大が問題となる。このため、本研究では、発破振動を軽減させる方法として、爆薬の起爆時間を精密に制御することで、発破振動の干渉現象を利用して振動を軽減させる方法についてアクリル板を用いたモデル実験から検討した。また、実験で使用したアクリル板を伝播する発破振動の可視化としてマッハツェンダー干渉装置を用いて、伝播状況の可視化実験を実施したので報告する。

2. 実験方法

2. 1 アクリル板を用いた振動制御実験

アクリル板（30 × 90cm、厚さ 2.0cm、弾性波速度約 2,600m/s）を用いたモデル実験では、高電圧・高電流による電橋線の線爆発で発生する振動を震源として、精密起爆器で時間差を設定することで、波動の干渉による振動低減を検討した。電橋線は振動を大きくするために、アクリル樹脂で密閉状態として起爆した。実験の概略を図1に示す。実験では、最初に1点から発生する振動を計測し、振動波形を解析して次段の起爆時間差を求める。起爆時間差の決定方法としては、単発振動の自己相関関数から最大負になる時間差と波形振動の半波長になる時間差による振動低減効果を検討した。振動計測は、非接触のレーザー振動計を用いて計測した。また、起爆時間差は精密起爆器（1 μ s 以内の起爆誤差、5チャンネルの独立した起爆回路）の2チャンネルを用いて、設定した。起爆点の間隔は、10cm として2点の任意の起爆時間差で起爆する。

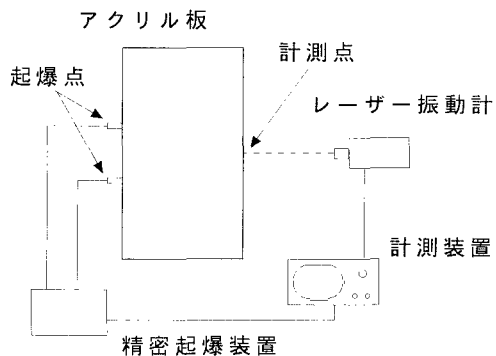


図1 実験の概略

2. 2 マッハツェンダー干渉装置による波動の可視化実験

マッハツェンダー干渉装置は、レーザー光線等の

キーワード：発破振動軽減、精密起爆法、波動干渉、可視化実験

連絡先：〒 305-8569 つくば市小野川 16-3 TEL:0298-58-8564 FAX:0298-58-8558 E-mail yujioga@nire.go.jp

単一光線を2経路の光線に分割して、経路内で発生する密度差を可視化する装置で、アクリル板を伝播する振動の可視化実験に適用した。実験では、大型の2対の全反射ミラーとビームスプリッターによるマッハツェンダー干渉装置の観察室にアクリル板を設置し、線爆発で発生する振動の伝播状況を高速カメラで観察した。実験で使用した高速カメラは、nac社製のイメージコンバーター方式の高速カメラで、200,000 駒/秒で観察した。

3. 実験結果

図2に1点起爆時の計測振動波形(a)とこの振動の自己相関関数(b)を示す。この振動波形では、自己相関による解析結果から $t=16.3 \mu s$ で最大負相関を示した。その他の解析結果から $t=16 \mu s$ で最大負相関となることから、2段目の起爆遅れ時間を $16 \mu s$ と設定する。また、振動波形の半波長時間差で起爆する実験では、最小の波形の半波長 $36 \mu s$ の時間差で起爆して、2孔発破時の振動低減効果を検討した。図3に、2点起爆時において、同時に起爆した場合(a)と自己相関関数の最大負時間差(b)で起爆した時の振動波形を示す。実験結果から自己相関関数の最大負時間差で起爆すると同時起爆時と比較して、発破振動の最大振幅が約 $1/2$ に低減できることを示す。また、同時に半波長時間差による起爆時間でもある程度の振動低減が期待できることを示した。さらに、マッハツェンダー干渉装置によるアクリル板を伝播する振動波形の可視化実験では、起爆点から放射状に伝播する密度変化を観察した。この密度変化の伝播速度の解析結果からアクリル板を伝播する弾性波速度に相当し、弾性波の伝播状況を可視化できたことを示した。

4. まとめ

アクリル板を用いたモデル実験から起爆時間を発破振動の自己相関関数法および半波長制御法等により求めた時間差で精密に制御することで波動の干渉による発破振動の低減が可能であることを示した。また、マッハツェンダー干渉装置による可視化実験からアクリル板を伝播する発破振動を可視化できることを示した。

今後は、石灰石鉱山や採石場等での実規模発破を実施し起爆時間の制御による発破振動低減について検討をする予定である。

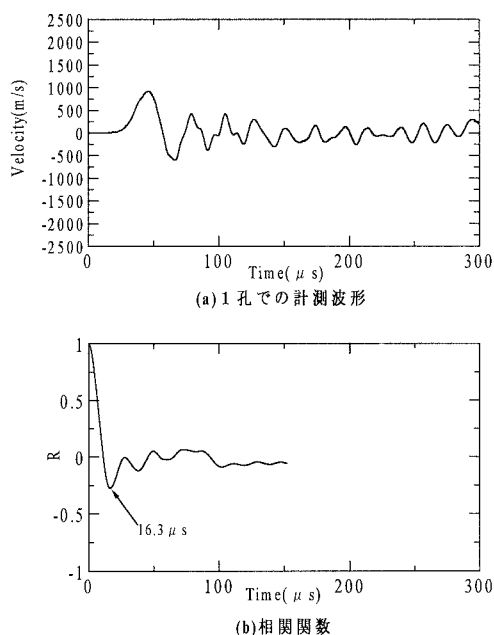


図2 単発の場合での計測波形と自己相関関数

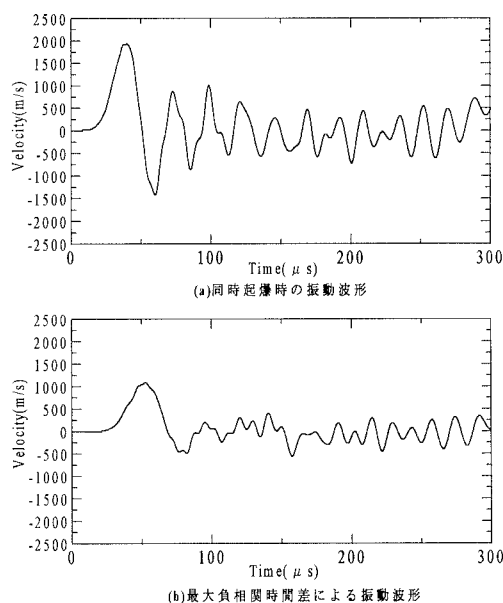


図3 アクリル板による振動制御実験結果