

トンネル発破掘削時の坑内爆風の基礎研究

日本工機株式会社 正会員 ○村田健司

1. はじめに

産業用爆薬を用いたトンネル発破掘削では、切羽面から発生した爆薬に起因する衝撃波が、トンネル内を伝搬するうちに音波となり、さらに坑外へ伝搬することで、近隣住民に騒音問題を引き起こす場合がある。

この騒音防止対策として、防音扉の設置、共鳴式吸音装置の設置など、多くの対策が講じられている。また、発生源側の対策としては、電子段発式雷管の採用により、1回あたり、単位時間当たりの爆薬の起爆量を減らす工夫も行われている。しかし、これらの対策を実施するには、高価な設備や電子雷管を必要とする[1]。

他方、切羽近傍での衝撃波及び衝撃波に遷移中の衝撃圧・音波の計測例はあまりなく、発生源側の対策がどの程度有効なのかの報告例は少ないのが実態である。

国道級トンネルなどのミニベンチ付きの上下半発破工法では、経験的には発破係数が大きく、塊状に岩盤が移動する「芯抜き発破」に起因する騒音が最も大きく、孔数が多く、同段で多数の孔を起爆する「最外周孔発破」に起因する騒音が次に大きいとされている。

本研究では、最も大きな衝撃波を発生させるとされる、芯抜き発破に着目し、Vカット型の芯抜き発破の形状、1孔当たりの装薬量は一定としながら、瞬発電気雷管を用いた全数斉発だけではなく、MS段発電気雷管、DS段発電気雷管を併用することで、衝撃波の発生に変化があるのかについて検討を行った。

その結果、Vカット型新抜発破部位から発生する衝撃波の制御の可能性についての知見を得たので報告する。

2. 衝撃波の測定システム

トンネルの坑口、周辺地区での騒音測定は、可聴領域に関しては比較的高速応答のインパルス騒音計、普通騒音計などが用いられ、可聴領域外の低周波成分に関しては、低周波騒音計などが用いられる。しかし、騒音計の応答周波数は数kHzから数十kHzが上限であり、切羽近傍を伝搬する鋭い立ち上がりピークを有する衝撃圧・衝撃波の計測には適さない。

本基礎研究では、直径10cmの整流板を取り付けた、測定可能周波数帯域が1MHz以上と高速応答の圧力センサー（PCB102A04、102B04）、ローノイズ系同軸ケーブル（PCB003C10）、電源・アンプ（PCB480E09）を用いた。整流板中央の圧力センサー感圧面は、地表から1mとし、透過圧として切羽から到達する衝撃圧を計測した。波形の記録は、デジタルオシロスコープ（日置 8835-01）及びデーターレコーダー（ティアックES-8）を用いた。測定位置は切羽から、50m地点及び100m地点とした。

3. 試験方法、試験結果及び考察

試験は、国道級トンネルなどのミニベンチ付きの上下半発破の穿孔パターン、装薬量をできるだけ変えずに、芯抜き発破部分に使用する電気雷管を全数瞬発電気雷管、瞬発電気雷管+MS#3段発電気雷管+MS#6段発電気雷管などと変化させた場合の衝撃圧を測定した。

図1、図2にその測定の一例を示す。芯抜き発破の起爆状況を変化させることで、芯抜き発破に起因する衝撃圧の波形は変化することが判明した。またこの部分の力積（圧力の時間積分値）は、衝撃圧のピーク値が変化しても同じレベルにあることから、音波とした場合のトータルのエネルギーは爆薬量に比例であって、あまり変化がない可能性はある。瞬時値としての衝撃圧の継続時間は極めて短く、岩盤の亀裂状況によって、含水爆薬の爆轟生成ガスが亀裂から吹き出し、強い衝撃圧となっている可能性もある。

キーワード：トンネル発破、衝撃波、爆風計測、

連絡先： 日本工機(株) 白河製造所 研究開発部 0248-22-3802 E-mail: Kmurata@nippon-koki.co.jp

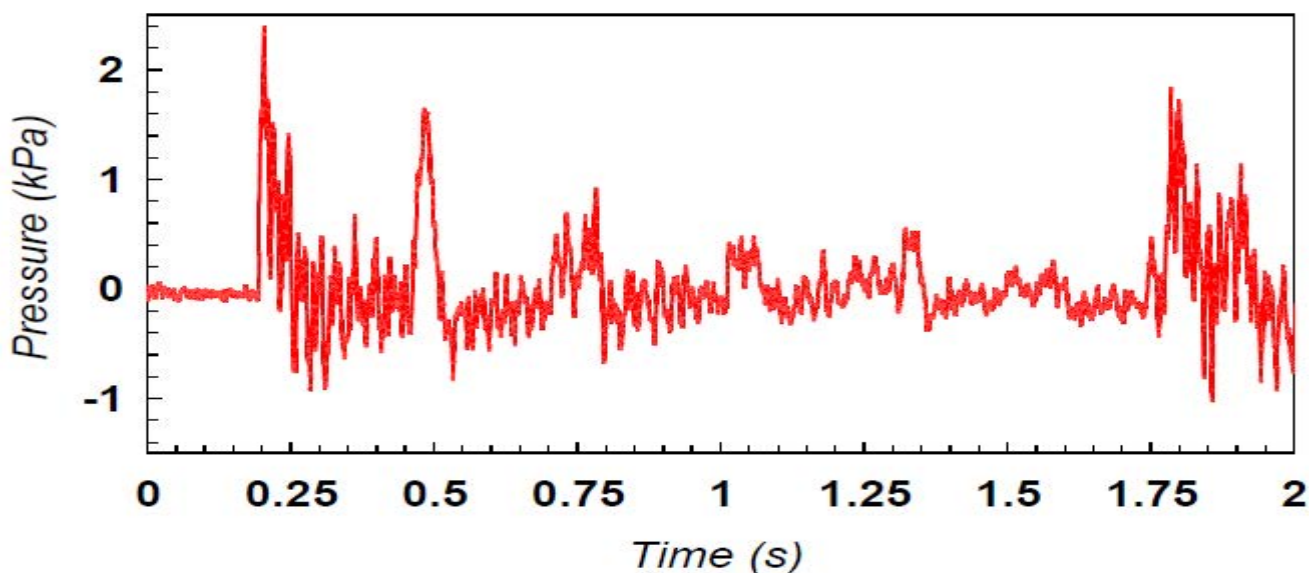


図1 通常のV型芯抜き発破（瞬発電気雷管×6孔（3対））での爆風波形

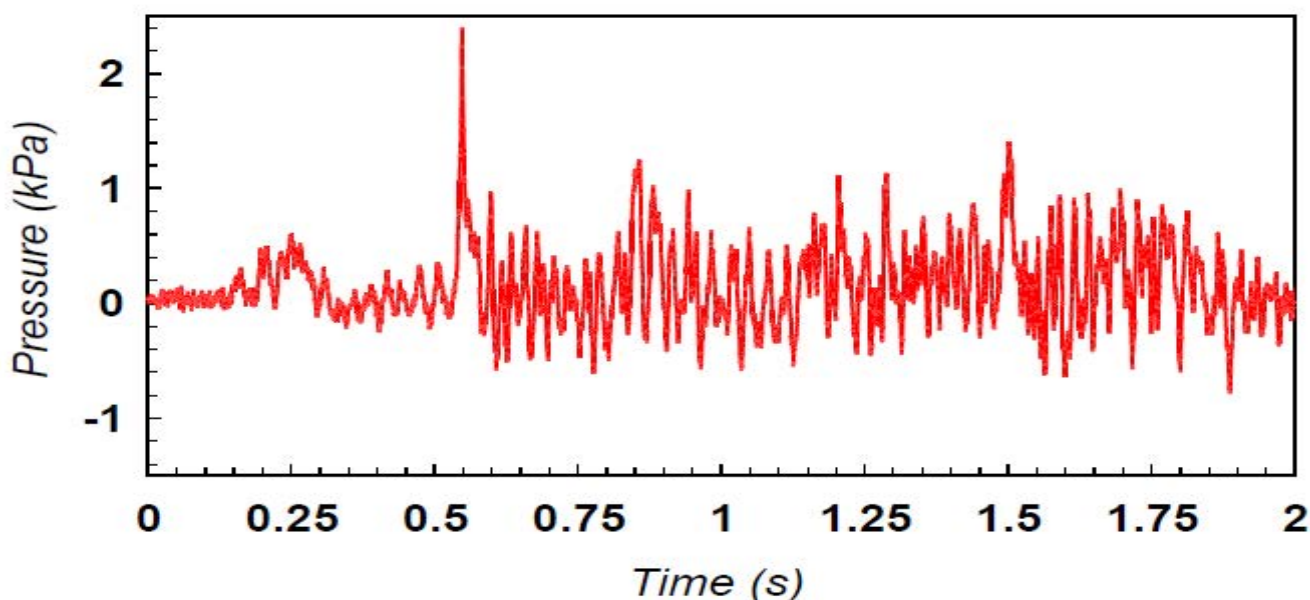


図2 V型芯抜き発破（瞬発電気雷管+MS#3+MS#6（時間差3対））での爆風波形

4. まとめ

芯抜き発破を、瞬発電気雷管による全孔斉発発破とするよりも、DS#2段での発破、あるいは瞬発電気雷管が1対、MS#3段発電気雷管が1対、MS6#段発電気雷管が1対のように、時間差を持たせることで、新抜きの発破効果を損なわない範囲で、衝撃波のピーク圧力を変化させ、波形をブロードにすることが可能であることが示された。

鋭い立ち上がりのピーク圧力を有する衝撃波とならない原因には、起爆タイミングだけでなく、岩盤の動きが速すぎず、含水爆薬の爆轟反応で発生した極めて高温高压のガスが噴き出しにくいことも、要因の一つかもしれないが、現状では未解明であり、今後も試験を重ねて、研究を継続する予定である。

参考文献

- [1] 発破工学ハンドブック 社団法人火薬学会 発破専門部会編（2001）