

爆薬装填装置の開発における模擬爆薬の圧送試験

大成建設株式会社 技術センター 正会員 ○上原 弓弦, 谷 卓也
大成建設株式会社 トンネル技術室 正会員 宮本 真吾

1. はじめに

山岳トンネル工事では、爆薬を用いて岩盤を破碎する発破掘削を行っている。発破掘削では、切羽先端の岩盤に、爆薬を装填する孔を削孔し、爆薬と粘土状の込物を装填している。この作業を爆薬装填と呼んでいる。爆薬装填は作業員が腰をかがめて切羽近傍でおこなう苦渋作業である（図-1）。また、切羽からの肌落ちによる被災の可能性もある。これらの課題を解決すべく、爆薬装填作業の自動化技術の開発に取り組んでいる。自動化のための要素技術の一つとして、遠隔装填装置の開発に着手した。本稿では、開発中の遠隔装填装置の概要、爆薬を効果的に圧送するために必要な、機器仕様の決定に向けた、基礎実験を実施したので、その結果について述べる。



図-1 爆薬装填作業 従来状況

2. 爆薬装填装置の概要

薬包タイプの爆薬を用いる発破作業で使用する従来型の装填装置は、爆薬供給装置および込物（こめもの）供給装置、装填機（水と空気で圧送）、装填ホース、装填パイプで構成される¹⁾。開発中の装置も同一の構成であるが、経済産業省が火薬類取締法施行規則を見直して込物を不要としたことから²⁾、込物を装填しない仕様とし、2tトラック車上にコンプレッサ等の関係する機器や装置が全て搭載できるようコンパクト化を図っている。雷管が装着されている親ダイについては、現状のように先に装薬孔に装填した後、装填装置を使って増ダイを圧送して装填する方法を採る。この親ダイについては、近年、海外で使用されている無線による起爆可能な無線電子雷管が国内でも使用可能となれば、装填作業の完全自動化が実現し、装薬作業の安全性と生産性の向上が可能になる。装填装置は、安全のため詰りや静電気が発生しないよう圧送の際には水と空気を混合した流体を用いることとし、従来型の装置と同様である。

3. 模擬爆薬圧送試験

3.1 試験概要

目標とする圧縮率となるような圧送時の最適空気量および水量を確認するため、模擬爆薬を用いて圧送試験を実施した。試験については、実際の施工を行うイメージ（図-2）で爆薬装填装置、装填ホース、装填パイプを配置した。本試験については、装填先の高さを変えて4ケース実施したが、本稿では踏前（切羽の下部）への装填を想定した装填装置の高さと同程度の位置への圧送試験の結果について述べる。



図-2 遠隔爆薬装填装置の使用イメージ

キーワード 山岳トンネル, 爆薬装填装置, 切羽作業, 遠隔装填

連絡先 〒264-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7229

3.2 試験方法

空気流量と水量を変えて爆薬の送り速度と装填パイプの先に取り付けたアクリルパイプ端部のゴム栓に当たった際の圧縮後の長さを計測した(図-3)。装填ホース(長さ30m,内径38mm)および装填パイプ(長さ3m,内径32mm),圧送距離は33m

である。試験においては,コンプレッサ 25HP (PDS100S,吐出圧力0.7MPa,吐出空気量 $2.8\text{m}^3/\text{min}$)を空気の供給源とし,供給する水については,水槽に貯めた水を自動給水ユニット(EA-930S,全揚程90m,給水量 $300\text{L}/\text{min}$)を介し,圧力を調整して空気と混合した。なお,水の供給は水圧を0.6MPa(空気圧0.3~0.5MPa)および0.7MPa(空気圧0.6MPa)とした。

試験においては,空気圧を0.3MPaから0.6MPaまで0.1MPa毎に上げて,爆薬の送り速度と圧縮率 $[\text{L}'\text{-L}]/\text{L}$ (圧送前の模擬爆薬長 L ,圧送後の模擬爆薬長 L')を評価した。模擬爆薬の長さは255mmである。また,設定した各空気圧における,空気流量と水量についても記録した。空気流量および水量は,混合するバルブの直前にセットした流量計で記録した。

3.3 試験結果と考察

模擬爆薬を1本とした試験の結果について述べる。設定した圧力に対し,それぞれ3回の試験を行って得られた平均値を表-1に示す。また,得られた試験結果について,空気圧と空気流量の関係,空気圧と爆薬の送り速度の関係,送り速度と圧縮率の関係を図-4,図-5,図-6に示す。

図-4では,設定した空気圧と空気流量がほぼ線形関係であることが示されている。一方,図-5からは空気圧の増改に対し,送り速度の増加傾向が異なることが分かった。これは,空気流量が増加しても送り速度への影響が徐々に低下することを示唆している。図-6では,送り速度が $9.5\text{m}/\text{sec}$ を超えると,圧縮率が増加することが示されているが,送り速度が $9.5\text{m}/\text{sec}$ 以上では,増加傾向が徐々に低下していくように見える。送り方向への模擬爆薬の圧縮は,送り速度の他に装薬孔の直径に影響を受けるためと考える。

4. まとめ

爆薬装薬装置の仕様を決定するための基礎実験を行い,爆薬の送り速度と圧縮率の関係を明らかにした。今後も現場での使用条件を想定した試験を積み重ね,爆薬装薬装置の早期完成を目指す所存である。

参考文献

- 1) 堂藤和雄ら：爆薬の遠隔装填システムによる装填作業の完全自動化への取り組み：国道45号 釜石山田道路工事, 施工体験発表会, Vol. 74, pp. 101-107, 2014.
- 2) 経済産業省：[令和3年10月15日] 火薬類取締法施行規則の一部を改正する省令等について(製造及び消費の技術基準の見直し), 施行規則第53条, 2021.

表-1 試験結果

空気圧 (MPa)	空気流量 (L/min)	水量 (mL/min)	送り速度 (m/sec)	圧送後の爆薬長 (mm)	圧縮率 (%)
0.3	185	109	7.6	205	19.6
0.4	242	124	9.5	204	19.9
0.5	297	149	10.1	193	24.2
0.6	327	223	10.4	190	25.5



図-3 圧縮率の計測状況

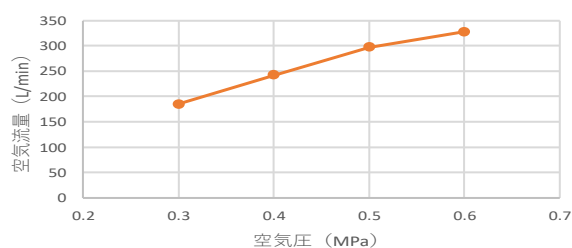


図-4 空気圧と空気流量の関係

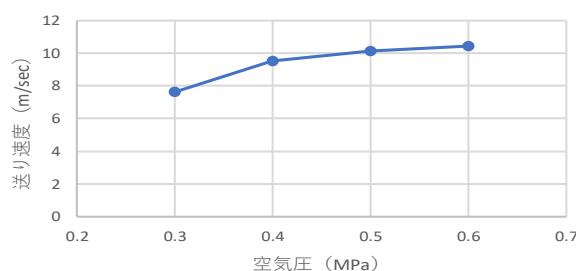


図-5 空気圧と送り速度の関係

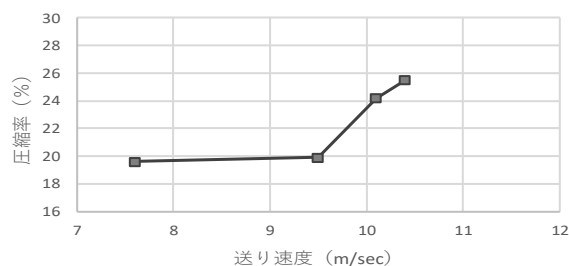


図-6 送り速度と圧縮率の関係