

蒸気圧破碎薬剤用電子段発式着火具の開発とトンネル掘削への応用

日本工機株式会社 正会員 ○村田健司

川野 誠、林 知弘、波多腰大樹、鈴木慶正

1. 目的

発破工法で計画されたトンネルであっても、坑口の防音扉が取り付けられるまでの区間や保安物件が近接している場合など、爆薬を使用した発破工法を実施すると発破振動や発破騒音が問題となる場合がある。これは深礎掘削工事や開削工事においても同様である。

蒸気圧破碎薬剤[1]は、産業用爆薬に比べて低振動・低騒音であり、発破振動や発破騒音が問題となる場合に産業用爆薬に代わるものとして使用されてきた。この蒸気圧破碎薬剤に使用する専用着火具は、瞬発電気雷管のように通電と同時に着火するタイプであった。大規模破碎のために段発式電気雷管を用いた発破のように時間差をつけて順次点火してゆくには専用の5段または10段の電子段発式着火機と回路数分の発破母線が必要としその適用範囲は小規模な破碎工法や分割破碎工法などに限られていた。[2]

そこで我々は電子回路を用いて着火秒時の遅延時間制御を行う方法を開発し、蒸気圧破碎薬剤による破碎工法でありながらも段発電気雷管のように使い勝手が良い「電子段発式着火具」を開発した。そして、実際のトンネル施工への応用などの検討結果について報告する。

2. 電子式遅延回路の開発仕様

電気発破工法では、瞬発電気雷管及び段発式電気雷管を任意の順番で直列結線に接続し、発破器により同時に通電して起爆する。

電子式遅延回路を用いた電子雷管（IC雷管）などでは、専用の発破母線（電線類）を用いる、専用の結線用コネクターを用いるなど、結線方法が通常の電気発破工法と異なる部分がある。[3]，[4]，[5]

本装置の開発では、通常の電気雷管と同じ脚線を用いて、脚線相互の接続も電気雷管と同じように任意の振り結線で接続可能な仕様、通常の発破母線の使用が可能な仕様とした。接続方法の概念図を図1に示す。

段発電気雷管と同様の使い勝手とするために、MS段発式電気雷管と同じ25ms間隔で着火するMSタイプ（1～100段）、DS段発式電気雷管と同じく250ms間隔で着火するDSタイプ（1～10段）を標準とした。

電子回路が発生する遅延時間は $1.0\mu s \sim 1.0ms$ 単位での制御が可能であり、最長遅延時間は6000msを越える。回路定数を調節することでDS40～60段など数秒の遅延時間の設定も可能である。

プログラム式タイマーである電子遅延回路のタイマー時間精度が非常に高いので、高段の電気雷管のように段数が20段や30段と極めて大きくても常に25ms又は250ms間隔の秒時間隔で着火する。

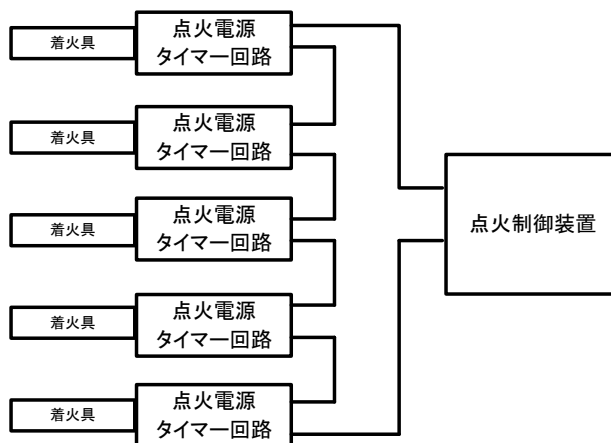


図1 接続方法の概念図

3. 電子段発式着火具とトンネル施工例

図2に電子段発式着火具の外観を示す。図3に蒸気圧破碎薬剤への組立方法を示す。図4に代表的な薬剤寸法サイズ型を示す。脚線色や番号表示・ラベル表示によって段発電気雷管と同じ様に各段を区別することができる。その組み立て方法は、産業用爆薬の親ダイ組立方法に準じており、蒸気圧破碎薬剤の入った筒体端部に着火具部分を差し込んでビニールテープで止める方法である。



図2 電子段発式着火具の外観

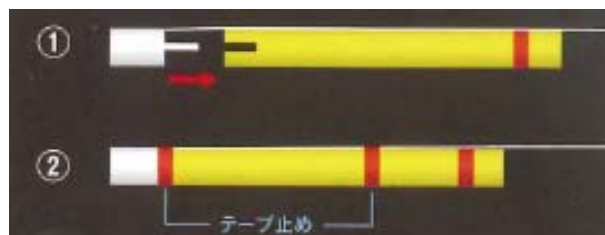


図3 電子段発式着火具の組立方法



図4 代表的な薬剤寸法とサイズ型

図5は平成27年度土木学会全国大会における“村上勝氏ら”によるトンネル掘削事例報告[6]からの引用である。38-75 型の蒸気圧破碎薬剤と電子段発式着火具を使用することで、DS 段発電気雷管を用いた発破掘削に比べて穿孔数・薬量（原単位）は増えるものの破碎は可能であったことが示されている。

<破碎諸元>

	含水爆薬	非火薬破碎剤
削孔数 (孔/m ²)	1.6	2.7
薬量 (kg/m ³)	0.76	1.67
装薬量 (kg)	56.4	123.8

4. まとめ

非火薬蒸気圧破碎薬剤は産業用爆薬に比べて破壊力の点では非力ではあるが、低騒音・低振動という点では勝っており、電子段発着火具を組み合わせる事で国道級の硬岩トンネルの掘削が可能となった。

更に、蒸気圧破碎薬剤と電子制御による着火システムを組み合わせる事でトンネル前方探査用起震源としての使用も可能[7]である。前方探査から上下半掘削・全断面掘削など、総合的なトンネル掘削方法の提案を今後も続ける予定である。

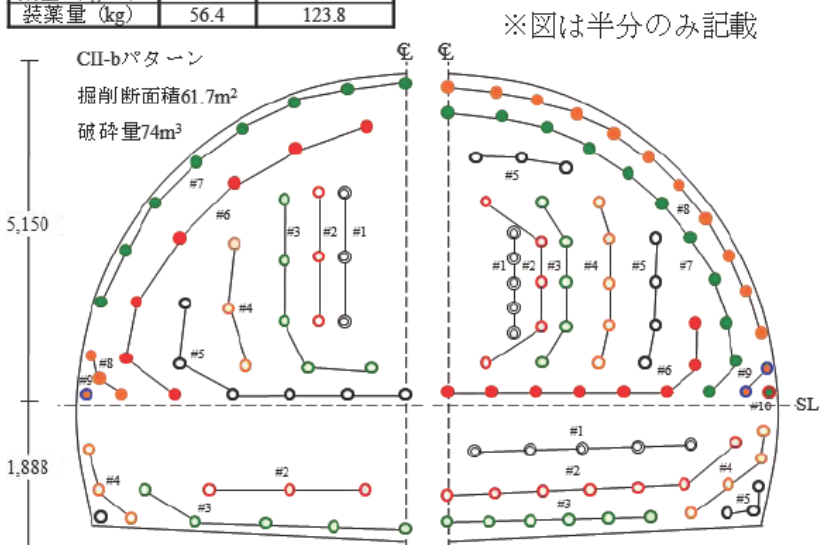


図5 硬岩トンネルの破碎例 参考文献[6]より引用

参考文献

- [1] ガンサイザー®カタログ 日本工機株式会社
- [2] 村田健司ら 日本素材物性学会平成26年度年会講演要旨集 p.27 (2014)
- [3] 発破工学ハンドブック P.94 社団法人 火薬学会 編 (2001) 共立出版社
- [4] 川村 実 火薬と保安 Vol.28, No.4, p.5 (1996)
- [5] 黒木和弘ら 工業火薬協会 1993 年度年会講演要旨集 p.109
- [6] 平成27年度 土木学会第70回年次学術講演会 要旨集 (2015)
VI-748 非火薬破碎剤を使用した硬岩地山のトンネル掘削事例
国土交通省北海道開発局帯広開発建設部広尾道路事務所 村上 勝, 佐々木 隆
大林・宮坂・伊藤到底建設工事共同企業体 対馬祥一, 高橋 佳孝, 西村 友宏
- [7] 平成27年度 土木学会第70回年次学術講演会 要旨集 (2015)