

スロット工法による既設導水路トンネルに近接した道路トンネルの掘削

建設省中国地方建設局苫田ダム工事事務所 綾木 修

○倉橋 信夫

(株)奥村組苫田トンネル工事事務所

前田 元三

1. はじめに

稼働中の発電所の導水路トンネルと近接して交差する道路トンネルの掘削に際して、スロット削孔機により作成したトンネル外周および切羽のスロットを自由面として利用する制御発破工法および無発破工法を採用した結果、導水路トンネルに影響を及ぼすことなく掘削することができたのでその概要を報告する。

2. トンネルと掘削工法の概要

本トンネルは岡山県北部に位置し、苫田ダム建設に伴う国道179号線の付け替えトンネルである。トンネル付近の地質は古生代から中生代の粘板岩、砂岩、チャートとこれらの互層からなる。このトンネルの坑口から約240m付近では、稼働中の発電所の導水路トンネルと近接して交差するため、トンネル掘削に際しては発破振動の影響が既設導水路に影響を及ぼさないよう施工する必要があった。そこで、導水路トンネルの事前の健全度調査結果をもとに振動管理値を0.2kineとし、振動を極力低減できる工法を検討しスロット工法による制御発破および無発破工法で施工した。

スロット工法には、スロット削孔機によりトンネル外周および切羽に連続した溝（スロットと称する）を作成し、これを自由面として利用することにより少量の火薬を用いて発破を行う制御発破工法¹⁾と、火薬を用いずに油圧ブレーカにより破碎する無発破工法とがあり振動の大幅な低減が可能とされている。

本トンネルでは発破ごとに振動計測を行い、その結果とさらに経済性、施工能率を考慮してそれ以降の掘削パターンを検討した。すなわち、導水路との離隔距離に応じて通常の制御発破からスロット工法による制御発破（以下スロット発破と称する）、無発破へと順次振動の小さい方法へと変更した。また、スロット発破区間では離隔距離により切羽に作成するスロットの数量を変えた5種類の発破パターンを採用した。図-1に示すように距離がもっとも近い区間ではスロット数量が多いパターン（B-1）を、逆に遠い区間では外周部のスロットのみのパターン（B-5）としその他のパターンではスロット数量を両者の範囲内で適宜調整した。

また、発破時の振動計測は導水路トンネル内の天端に振動計を設置して行った。

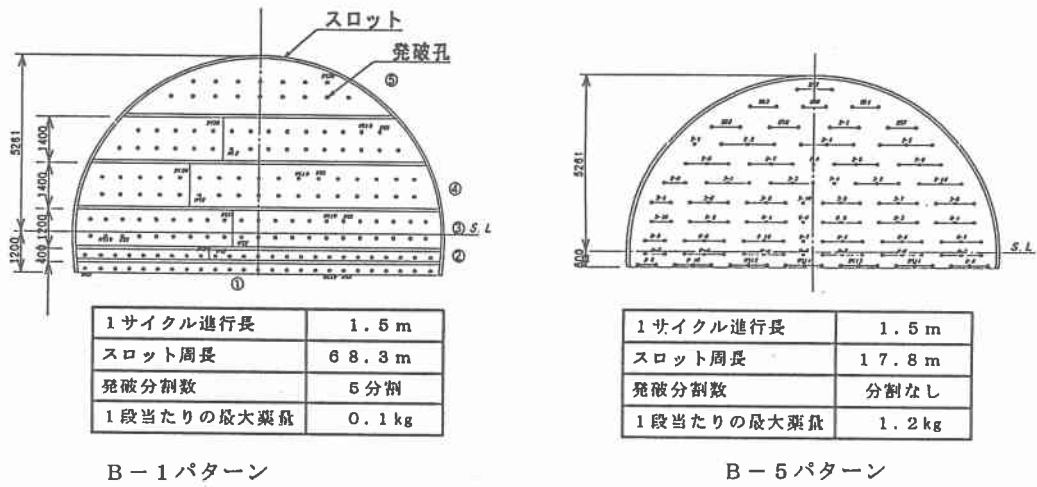


図-1 スロット発破パターン

3. 施工結果

施工当初実施した通常発破では事前の振動予測結果より大きな振動値が計測されたため、スロット発破の開始時期を早めるとともに、振動値をさらに低減する必要があった。このため、新しく開発された50段発破まで可能な雷管をスロット発破区間の途中から採用し、段当たりの火薬量を発破可能限界の100grまで低減する発破方法で施工した。このような方法により、導水路トンネルからの距離が30mと最も近接した区間でも振動管理値である0.2kine以下に抑えることができた。またスロットを多く作成することによりK値のばらつきが少なくなり施工管理を精度よく実施できた。

振動計測結果（鉛直方向成分）と離隔距離との関係を図-2に示す。発破パターンによりばらつきは見られるが、概ね距離の2乗に比例して振動値が減少していることがわかる。

次に振動低減効果については次に示す発破振動予測式で得られるK値（比振動値）により比較する。

$PPV = K \cdot W^{2/3} \cdot D^{-2}$ ここで、PPVは最大振動速度(kine)、Wは段当たり火薬量(kg)、Dは離隔距離(m)である。また、スロットの数量の程度を示す値として各切羽に作成したスロットの延長を切羽断面積で除した単位面積当たりのスロット延長（切羽スロット率と仮称）を算出した。K値と切羽スロット率との関係を図-3に示す。図によれば切羽スロット率の増加に伴ってK値が減少する傾向が見られ、従来の制御発破に比べK値は70%～30%に低減している。これは、K値は自由面の少ない心抜き発破でもっとも大きく、払い発破、ベンチカット、転石破砕と自由面が多くなるほどK値が減少することに対応している。

スロット率が 0.9m^2 以上でK値が一定値に収束する傾向が見られるが、これからスロットによるK値の低減効果にも限界があることが示唆される。また、切羽スロット率の増加によりK値のばらつきが減少する傾向が見られる。K値は発破方法、発破のかかり方（破砕効果）にも左右されるが、自由面の多い発破ではこれらの要因による影響が少なくなり、ばらつきが小さくなったものと推定される。

4. おわりに

今回採用したスロット発破によれば、従来の制御発破に比べ、比振動値K値を70%～30%に低減でき、切羽に作成するスロット数量により振動低減の程度を調整できることがわかった。また、スロットを多く作成すればK値のばらつきが少なくなるため施工管理を精度よく実施できることが認められた。

参考文献 1) 萩森健治、竹知芳男、古川浩平、中川浩二：スロット工法を用いた低振動発破工法に関する研究、土木学会論文集、第391号/VI-8、1988.3

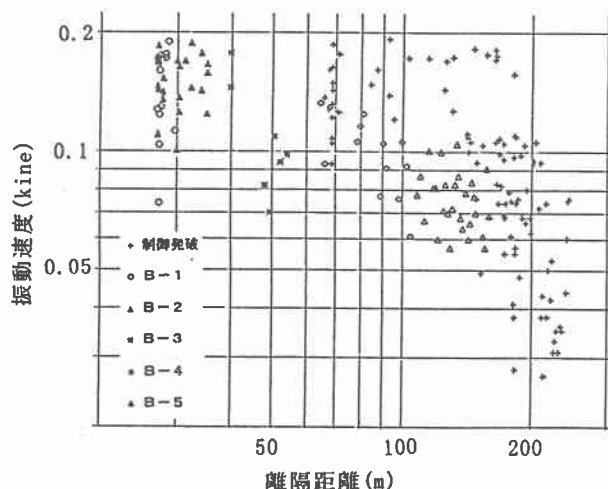


図-2 振動速度と離隔距離との関係

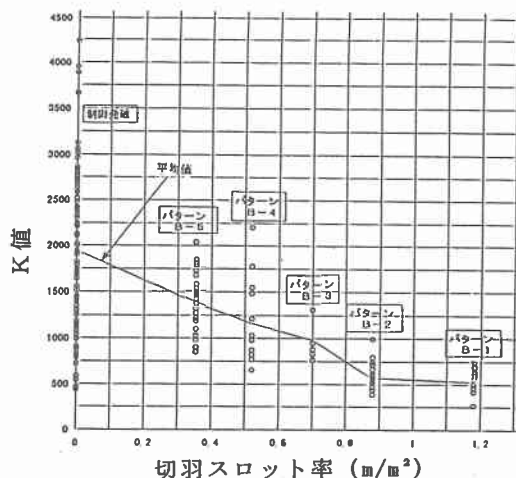


図-3 K値と切羽スロット率との関係