

VI-52 小断面トンネルにおける長孔発破

佐藤工業㈱ 正員 前田正一

佐藤工業㈱ 古川哲男

1. はじめに

近年全国的に、用水及び中小水力発電の開発が盛んに進められているが、それにともない小断面導水路などの経済的な急速施工法の開発が各方面より要望されている。従来の発破工法による小断面トンネルの施工は、断面が狭隘なことから機械化が遅れ効率的な施工がなされなかった。しかし最近では、小断面用の高性能な油圧削岩機および掘出機械などの開発により一発破進行長を可能な限り伸ばし、一度に大量のずりを搬出できる効率的な工法が可能となってきた。本報告は、小断面トンネルの急速施工を行う上で一つのポイントとなる長孔発破について、理論的ならびに実施工を通して一つの指針を得ることができたのでここに報告する

2. 従来の小断面トンネルにおける発破方法

小断面トンネルにおける発破方法は、アングルカットに属するVカットが主流である。Vカットは、自由面をあくまでも切羽面とすること、また一発破進行長が断面幅に制約を受けることが特徴である。

図-1は、断面別の一発破進行長の違いを心抜き方法別に図示したものである。Vカットの心抜き角度（抱き角）は $58\sim 60^\circ$ が最適だといわれているため、経済効率から見た一発破進行長は、トンネル幅員の約 $1/2$ 、例えばトンネル幅員2.4mの場合には、最大1.2mまでと言われている。

この様なことから、国内では短孔発破、多サイクルによる施工速度の確保が通常であった。これに対し、欧米では断面幅の制約を受けない平行ホールカットによる長孔発破が一般的で効率的な施工法がなされている。以下、小断面トンネルでの平行ホールカットによる長孔発破の設計方法を実施工を踏まえて述べる。

3. パラレルホールカットによる長孔発破

(1) 心抜き

パラレルホールカットには、バーンカット、テービカット、フォーセクションカットがある。IP/S 導水路工事で実施した各種の心抜き試験結果では、テービカットにフォーセクションカットを加味した大口径バーンカット方式が進行率及びずりの排出状況が最も優れていることが実証されている。

大口径バーンカットの設計に於ける要点は、次の通りである。（図-2、3参照）

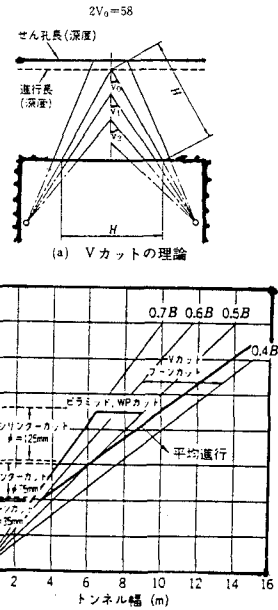


図1 心抜き方法と進行長の関係

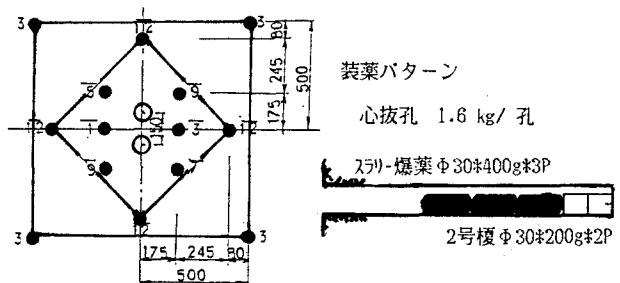


図2 大口径バーンカットの心抜きパターン

空孔径75mm，装薬孔径42mmの場合

①空孔と装薬孔の中心間隔は、せん孔精度も考慮し175mm程度とする。

②単位長さ当たりの装薬量（装薬密度kg/m）は、0.78～0.88kg/mとする。

③心助孔（MS12段 DS3段）の抵抗線は0.7 D（D＝自由面の幅）とする。

（2）一般孔および踏前孔

小断面の場合の一般孔は、外周孔だけでは起砕不可能な場合に、オーバーブレイクを十分考慮し適切に設定する必要がある。一応の目安として、抵抗線は0.5Dである。

る。（実施例参照）

（3）外周孔

スムーズブラスティング（SB）工法を用いる場合には、SB孔の破壊が及ぼす範囲（SB領域）内に前段の払い助孔の破壊領域が収まるような火薬類及び抵抗線等を設定する必要がある。

SB工法の設計に当たっては、SB孔の孔間隔（D）との比、孔径と薬包径の比（デカップリング係数）が重要であり、実績ではデカップリング係数2.25の場合座ぐり位置で $D/W=1.0$ 孔尻で $D/W=0.7$ で良好な結果を得ている。また、孔間隔は、断面の曲率を考慮し500mm程度が望ましい。

4、実施例

図-4は、OP/S水路トンネルでの実施例である。掘削断面積は 4.8m^2 、岩質は粘板岩とチャートの互層で一軸圧縮強度が概ね $500\sim 1000\text{kg/cm}^2$ 程度である。一発破進行長2.5mで起砕率（起砕長÷せん孔長×100）は90%以上で非常に良い結果を得ることができた。

5、おわりに

小断面における長孔発破を確実なものにするためには、基本的な発破理論をもとに設計された発破規格の他に高性能油圧削岩機の導入、装薬法にボトムチャージ、コラムチャージの採用、精度の高いせん孔および作業員の養成、が必要である。今後更に小断面トンネルの機械化が進むと共に、長孔発破による急速施工法の開発が推進されるものと思われる。

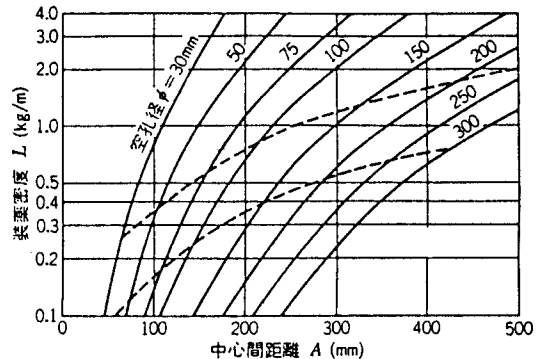


図3 空孔径と中心間距離及び装薬密度の関係

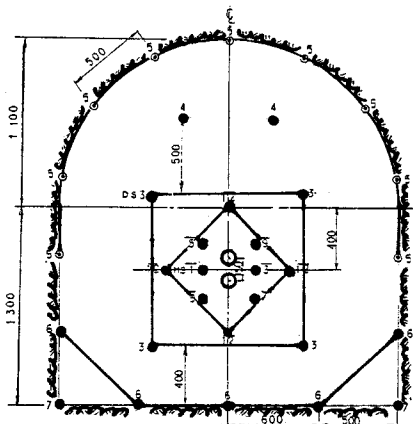


図4 小断面トンネル発破パターン例（OP/S水路トンネル）

参考文献：THE MODERN TECHNIQUE OF ROCK BLASTING by U.Langefors and B.Kihlström

発破諸元

1. 使用爆薬	2号複ダイナマイト スラリー爆薬
2. 使用電気雷管	MS, DS 電気雷管
3. 岩 質	チャート、砂岩の互層
4. 断 面 積	4.8m^2
5. 1 発破進行(間隔)	2.5m (2.7m)
6. 破 砕 量	12.9m^3
7. 削孔数	32+2孔（空孔）
8. 爆薬使用量	41.0kg
9. 1m^3 当り爆薬使用量	3.2kg/m^3
10. 1m^2 当り削孔数	6.7孔/ m^2