

佐藤工業株)

正会員 ○古 川 哲 男

前 田 正 一

1. はじめに

近年、トンネル工事に於いてNATM工法が採用される様になり、特に中硬岩、硬岩に於ける発破工法では、その一発破進行長は、NATM工法の確立と前後して、急速施工という時代の要請とも相まって3~5mの長孔発破が欧米では主流となっている。それに呼応する様に最近、高性能の油圧式岩機が開発され、我が国でもそれに対応する技術開発が叫ばれる様になってきた。

今回、今市発電所導水路工区本坑(延長924m)に於けるパラレルホールカットに依る長孔発破(3.9M)及びSB工法の確立の為に、当該作業坑において2.0~3.0mの心抜試験及びその実施工を試みた。

本論は特にその中より、心抜試験及び発破パターンに関して一つの指針を得る事が出来たので、その結果を中心に報告するものである。

2. パラレルホールカット発破法概要

トンネル発破工法には従来から多種多様なものがあるが、それは、アングルカット(Vカット、ピラミッドカット、ファンカット)と、平行孔心抜(バーンカット、シリンドラカット、クレーターカット)に大別する事が出来る。前者は、自由面に対してある傾斜を持たせて穿孔し、爆薬を出来るだけ孔底に装薬し、切羽面を自由面として起爆させる方法である。一方後者は、空孔と装薬孔を平行に穿孔し、爆薬を口元附近まで装薬し、空孔に向かって岩盤を起爆して次第に空孔を切り抜けていく方法であり、断面に制約されずに一発破長を大きくとれるのが利点である。図-1参照

○ パラレルホールカットの心抜パターン及び装薬量

パラレルホールカットの心抜パターンには図-2のようなものがあり、空孔径と装薬孔径、空孔と装薬孔との間隔、単位長さ当りの装薬量との間には密接な関係があると言われる。Blasters'Hand book (du Pont)に依れば、装薬孔で破砕される部分の断面積(S_1)と空孔断面積(S_2)との関係は、 $\frac{S_1}{S_2} \geq 0.15$ になる様に設計すべきだとしている。(図-3)、また、Langefors は、50~200mmの空孔を用いて発破する時の単位長さ当りの装薬量(装薬密度)と2孔間の中心距離との関係については、表-1のように示している。

例えば、空孔径100mm、装薬孔径45mmの場合、装薬密度は0.55t/m、中心間距離は最大175mmが好ましいとしている。

3. 中硬岩トンネルの試験発破

3.1 概 要

今市発電所導水路トンネル施工区間の地質は、主として輝石安山岩であり、一部破砕帯を除けば概々新鮮、堅硬(CM級以上)である。穿孔は2ゲージの油圧式ボーリングマシン(プロメックTH501)によっておこなわれ、その穿孔速度(ノミ下り)は1.7~1.8m/min程度であった。

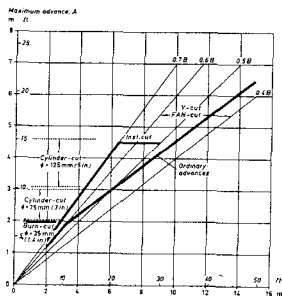


図-1. 各種心抜法と進行長の関係
(Langefors; Rock Blastingより)

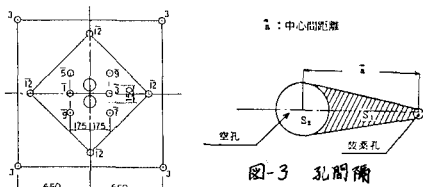


図-2. 心抜パターン

図-3 孔間隔

表-1. 装薬密度-孔間中心距離との関係

ϕ mm	50	2x57	75	83	100	2x75	110	125	150	200
32	0.2	0.3	0.3	0.35	0.4	0.45	0.45	0.5	0.6	0.8
37	0.25	0.35	0.35	0.4	0.45	0.53	0.53	0.6	0.7	0.95
45	0.30	0.42	0.42	0.50	0.55	0.65	0.65	0.7	0.85	1.10
mm	90	150	130	145	175	200	190	220	250	330

ϕ : 空孔径
d: 装薬孔径

3.2 芯抜試験

芯抜試験に於ける着眼点は、前記理論を基軸に、我が国の硬、軟変化に属する岩種に対応出来、又穿孔精度を補完する事が出来得る適正孔間隔、装薬密度を知る事にあり、下記要領にて行なった。

条件としては、装薬後ガス、安全性を考慮して使用爆薬は全てスラリー爆薬とし、MS電気雷管(25ms)にて逆起爆法を採用した。空孔径、装薬孔径は各々102mm、45mmである。各パターンは図-4,5のようである。

孔間隔の違いによる各案の進行率は、各々、84,77,80%であり、起砕状況は写真-1のようであった。

装薬密度の違いによる進行率は、各々、89,93%であった。即ち、当該穿孔条件、空孔径φ102mm、装薬孔径45mmの場合では、穿孔穴曲り(穿孔精度、偏倚量 $\delta = 2.6\text{cm/m}$)を考慮すれば、孔中心距離 $=175\text{mm}$ 、装薬密度 $=0.55\text{g/m}$ 程度となり、これは前記のLangeforsが提唱している理論値とほぼ一致している。

3.3 長孔装薬施工

上記芯抜試験に基づき、総合進行率95%確保を目標に、個々の目的に応じた破壊作用を伴う各種装薬孔に関して、実施段階での各パターンは次のようであった。

3.3.1 芯抜孔

2バーンホール方式を標準に、岩質に応じ炭結、或いは変形防止の為、適宜対応出来るパターンを開発、概ね98%以上の進行率を得るに至っている。

3.3.2 S.B孔

最小抵抗線(W)、孔間隔(D)との関係は $\text{W/D} = 0.75 \sim 0.8$ とし、一般的に言われている $\text{W/D} = 0.8$ をとる。但しこの値は、さく岩機の平行さく孔維持機能を完璧に作用させるロックアウトを加味した場合の値である。掘削状況は写真-2参照。

3.3.3 助孔

装薬方法に対しては、ボトムチャージ、コラムチャージの理論を導入し、デカップリング効果を有効に利用し、従来の孔間隔、抵抗線を大幅に拡大させる事が可能となった。概略関係は次の通りである。

ボトムチャージ長 $= \frac{1}{3} \times \text{孔長}$ 、抵抗線 $\leq D - 1.00/2$

無装薬許長 $= 0.50 \times W$ (抵抗線)

4. あとがき

数度の芯抜試験を経て、火薬類の新規開発、装薬法の改善等により、3.9m起砕を可能にした。多くに、協力をお願いした関係各位に対し感謝の意を表すものであります。

※参考文献:「ROCK BLASTING」,「BLASTERS' HANDBOOK」 写真-2 S.B工法掘削成果

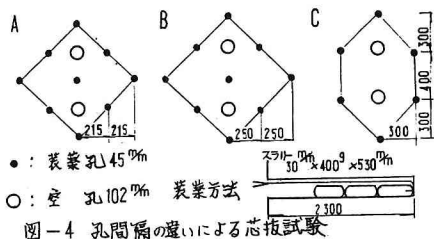


図-4 孔間隔の違いによる芯抜試験

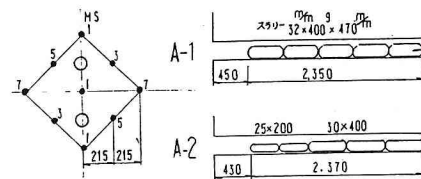


図-5 装薬密度の違いによる芯抜試験



写真-1 芯抜起砕状況

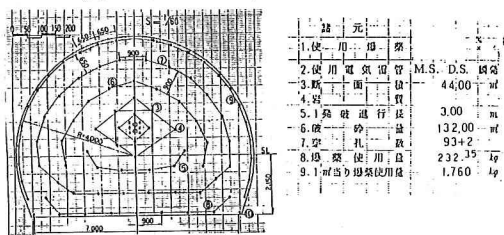


図-6 発破パターン例

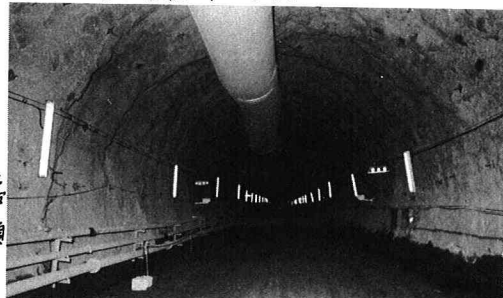


写真-2 S.B工法掘削成果