

フジタ工業(株)技術研究所 正会員 斉藤 巳喜男
金子 完朗
正会員 鎌田 正孝

1. まえがき

最近、岩石の効率的な破壊の方法として、火焰、極高温、ジェットガス、エレクトロン、高周波、など種々の技術が研究されるようになった。これは、岩石工学の研究上のためでもあるが、実用的には機械掘削の一工法であるトンネルボーリングマシン(以下RTM)による岩掘削の経済性から当然のことと考えられる。すなわち、RTMで岩掘削を行う場合、岩の硬軟によってカッターの消耗が異なり、場合によっては、岩の機械化掘削が経済的に不可能になることもある。これらのことから、とくに硬岩のぜい性化によって、カッターの消耗を少なくし、RTM工法のコストダウンを図ることができる。

今回は、経済的な掘削を目的として、発破工法の一つであるスルースブラステイング工法に応用した実験を行ったので、その結果の一部を報告する。なお、この実験では、火薬、マイクロウェーブの2種類について実験したが、ここでは、火薬だけについて述べる。

2. 実験概要

1). 実験場所および岩石の性質

実験場所は、茨城県日立市附近の碎石場とし、切立った壁面とトンネル切羽面に想定した。また、岩石の性質は表-1のとおりである。

表-1 岩石の性質

試験 岩 石 名	(g/cm ³) 比重	(kg/cm ²) 圧縮強度	(kg/cm ²) 引張強度	ぜい性係数	弾性波速度(km/sec)	
					V _p	V _s
ホルンバース	2.731	1360	129	1/3	7.198	4.911

2). 実験の方法

き裂発生を主要因と下記の4種類として、これらの要因を組合せて、基礎実験-1・2・3を行い、薬量と孔間隔を推定して応用実験を実施した。

穿孔長(薬量と臨界深度、以下 l) $l = 1.5\text{m}, 1.9\text{m}, 2.4\text{m}$
デカップリング指数(以下 D_c) $D_c = 1.66 \sim 1.88$
孔間隔(以下 d) $d = 30\text{cm}, 40\text{cm}, 50\text{cm}$
薬量(以下 B_0) $B_0 = 50\%, 100\%, 200\%$

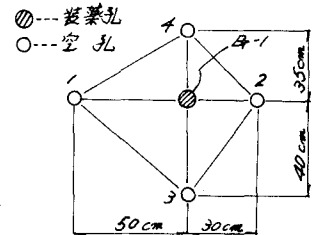


図-1 穿孔配置図

穿孔は、レッグドリル($\phi 38\text{mm}$)、ボーリング機械($\phi 46\text{mm}$)を使用し、切羽面に直角に行なった。岩石のぜい性化確認の判定方法として、現地ではMD-1サイズモグラフによる弾性波速度の測定、ボーリングによるコアの採取、室内では、採取したコアの圧縮強度、引張強度、弾性波速度(ソリスコープによる)、積比重の各測定を行い、各々の値について発破前・後の比較をした。

火薬は、3号桐ダイナマイト(2号複ダイナマイトと同等の爆速)を使用し、薬量は50~200%の範囲内で推定した。図-1・2は、基礎実験-1~3の基本的な穿孔・装薬配置図で、図-3・4は、応用実験の配置図を示す。

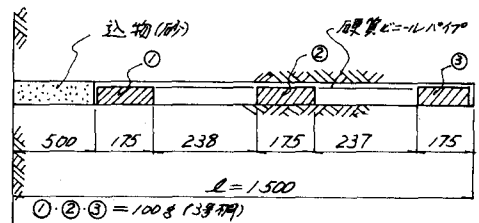


図-2 装薬配置図

3). 実験の経過

基礎実験-1は、穿孔長($l = 1.5\text{m}$)、デカップリング指数($D_c = 1.88$)、薬量($B_0 = 200\%$)、孔数4本

(装薬孔1本、空孔1本)として、爆破(斉発)したところ、薬量が多く直径1m程度のクレーターができた。引続き、穿孔長($l=1.9\text{m}, 2.4\text{m}$)、薬量($B_0=50\%, 100\%$)を変えて、基礎実験-2・3を行なった。その結果、表-2のような要因を推定した。

3. 実験結果

基礎実験-1・2・3および応用実験の結果を一覧表として表-3に示す。これらの、一連の実験結果から、岩石(ホルンヘルス)にき裂が多く発生し、ぜい化したと認められる(実験結果と観察)要因は次のとおりであった。

- 穿孔長 1.9 ~ 2.0 m
- 穿孔径 41 ~ 47 mmφ
- デカップリング指数 1.66 ~ 1.88
- 孔間隔 40 cm (装薬孔と空孔は4島に配置)
- 薬量 90 %

上記の値が、当実験で得られた最適条件の結果であり、プレスピリッティング工法およびクッションブラステイング工法の組合せによる効果も確認できた。さらに、上記の条件におけるぜい化率を相対的に求めると、30 ~ 40 %位は可能であることがわかった。また、ボーリング深度別による発破前・後も有意な差の傾向を示している。

しかし、この実験で求めようとした、き裂度やき裂係数は、地山の弾性波速度(MD-1サイズモグラフ)の測定条件(垂直壁)が異なるため、コアの弾性波速度に比べてかなり小さい値であることと、そのバラツキ($V_f=300 \sim 1,800\%$)が大きいので、算出が困難であった。

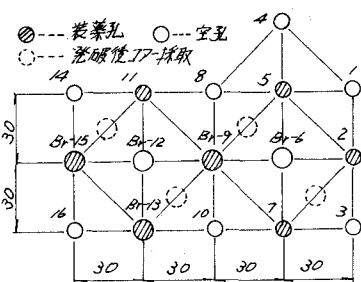


図-3 穿孔配置図

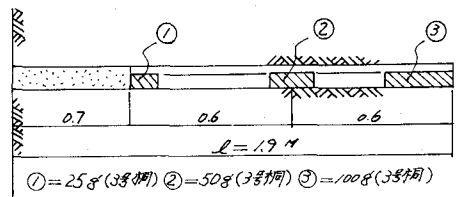


図-4 装薬配置図

表-2 薬量推定表

岩名	穿孔長 (m)	デカップリング指数	薬量 (g/m)	込物	摘 要
ホルンヘルス	1.5	1.7~1.9	70~80	0.5	隣接孔が空孔の場合40%増
		"	60~70	0.5	" 装薬孔 "
	1.9	1.7~1.9	80~90	0.7	" 空孔 "
		"	70~80	0.7	" 装薬孔 "
	2.4	1.7~1.9	90~100	1.0	" 空孔 "
		"	80~100	1.0	" 装薬孔 "

表-3 実験結果一覧表

		要 因				圧縮強度 σ_c $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		引張強度 σ_t $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$		$\frac{\sigma_c}{\sigma_t}$	コア採取率	弾性波速度 V_p $\frac{\text{m}}{\text{s}}$		地山係数		摘 要		
		l	B_0	D_c	d	前(a)	後(b)	$\frac{b}{a}$	前(a)	後(b)	$\frac{b}{a}$	$\frac{b}{a}$	前(a)	後(b)	$\frac{b}{a}$		$\frac{b}{a}$	
基礎 実験	1.	1.5	200	1.88	30 40 50	1360	—	—	129	—	—	—	62	—	—	—	薬量多ク7L-9- が生じた。	
	2.	1.9	50	1.66	30	1477	1272	864	170	134	78.9	109.1	15.7	5.9	4.3	72.9	364	き裂の認められ た。
	3.	2.0	70	1.66	30 40	1551	1237	668	135	126	934	71.3	32.3	5.4	5.3	98.1	604	
		2.4	100	1.88	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
応用 実験	1.	1.9	90	1.66 1.88	30	777	615	792	91	77	847	96.5	9.4	5.7	5.3	93.0	孔間隔40cmが最 適であるが60cm 位までき裂が 生じた。	
					40	1174	615	523	96	77	802	69.5	0.8	5.8	5.3	91.4		15.8
					50	794	615	775	85	77	905	88.2	9.1	5.5	5.3	96.4		

4. あとがき

今回の実験から、同様な実験を行う場合は、今後の課題として、実験場所の選定、RTM掘削のロスタイムを少なくできるような効率的な穿孔方法、簡単で早い効果の確認方法、などの検討が必要である。

最後に、この実験を行うにあたり、当社の佐藤一、吉野耕一両君の協力いただいたことに謝意を表します。