

多段式發破器에 의한 露天發破實驗

A Test Studies on Open Cut experimental by Sequential Blasting Machine

安 明 碩*
Ahn, Myong Suk

ABSTRACT

This report was arrangemented and analysed by blasting previous instance of Nocsan, developing area of national factory town in Pusan since 1994. 11, our team have acquired sequential blasting machine which is used at open blasting sites of other countries.

The result of study is that follow ; in case of delay electric detonator(MSD and DSD) of Korea, It is possible to use 300 blasting holes in 1 charge per delay at 17ms delay between each circuit and to use 300~600 blasting holes in 2 charge per delay. But in our experience, It is best condition to use 100~200blasting holes at 1 charge per 1 delay.

1. 서 론

최근 국내에서는 선진국 진입을 위한 각종 산업 시설의 확대와 급속한 연구개발로 인해 토지이용도가 높아 지면서 지하공간개발 및 대단위택지, 공단조성에 많은 힘을 기울이고 있고 아울러 신공항 건설·공프장건설등으로 암반발파 수요는 크게 늘고 있다. 그러나 생활환경과 자연환경을 손상하지 않고 발파작업을 해야하는 어려운 현실을 당하고 있는 발파기술자들에게 소음진동감소를 위해 화약 제조회사에서는 에멀존폭약과 비전기식 뇌관을 선보였고 화약발파기술분야에서는 비전기식뇌관을 사용한 대량·분산발파가 실행되고 있으며 전기식뇌

관을 사용한 다단식발파기술이 보급되어 명실공히 화약발파기술의 대변화가 일고 있다. 이 보고서는 외국의 노천발파 현장에서 사용되고있는 다단식발파기를 국내에 도입하여 94년 11월 이후 N지역에서 여러차례 실시한 대발파 데이터를 정리하여 발파관계자에게 보고함으로써 국내 발파기술의 향상에 도움이 되길바란다.

2. 발파 현장 개요

2.1 공사 개요

당 발파현장은 N국가공단조성지역으로써 경남 진해시와 부산시에 걸쳐 공업공단을 조성하고 있

* 安明碩 火藥技術士 事務所長

다. 해안매립과 공단택지조성을 위해 근처 3개 산을 대상으로 소할 30cm라는 철저한 규정준수 및 민원발생을 억제해야하는 어려움 속에서 최소의 채석단가로 총암량 1,617만³m의 매립용 골재를 생산하고 있으며 현재 전체공정의 30% 정도가 진행중이다. 또한 본 공사는 공단 6개 공구와 주단 2개 공구로 구분되며 이들은 K, D, H, K, J, S, B의 7개 대형원청 건설 토목회사에 10개 협력업체로 이루어져 있으며 발파부분은 협력업체의 직접도급이나 발파도급업자에 의한 위탁도급으로 진행되고 있다.

2.2 현장지질 및 암반의 특성

본 보고대상의 지질은 백악기(CRETACEOUS) 경상계의 유천층군(YUCHEON GROUP)안산암질 화산각력암(ANDESITIC VOLCANIC BRECCIA, Kanb) 지역으로 표토 및 심부 일부가 심하게 풍화되었고 수cm 절리와 파쇄대(Fracture zone) 및 5~15m의 가로 층리(Stratification)가 발달되어있다. 인근에는 2개의 석산이 있으며, 암석에 대한 실험결과치는 (시료크기 : 5×5×5cm) 비중 2.65~2.70, 흡수율 0.31~0.35%, 압축강도 788.7~2065kg/cm²으로써 단축압축강도 기준 Deere & Miller 분류법¹⁾에 의하면 보통암 내지 경암에 속하며 약 80% 이상 보통암으로 이루어져있다.(Fig. 1)

2.3 공사 인근 상황

당 지역의 인근 보안물건으로는 각 발파현장을 기준으로 2종의 주택이 550~600m(S, K), 350~450m(H), 250~300m(D)지점에 있고, 농장이 150~300m지점에 있으며 약 500m(B) 지점

에는 기존 석산 2개가 위치하고 있다. 또한 4종의 지방도와 고압전선이 약 10~100m지점으로 지나고 있다. 그 중에 가장 민원이 민감한 L, S현장과 인접한 농장, L현장과 마을간이며 이들지역은 자체 발파진동 제어기준인 0.5cm/sec(Kine)을 넘지않기 위해 9m 천공시 가능한 지발당 공수를 2공이상 연결하지 않으며 전기뇌관은 20~40발/회씩 분할발파를 하거나 비전기식뇌관으로 100~200발/회씩 발파를 해오고 있다.

3. 다단식 발파기의 원리와 사용법

3.1 국내외 현황 및 특징

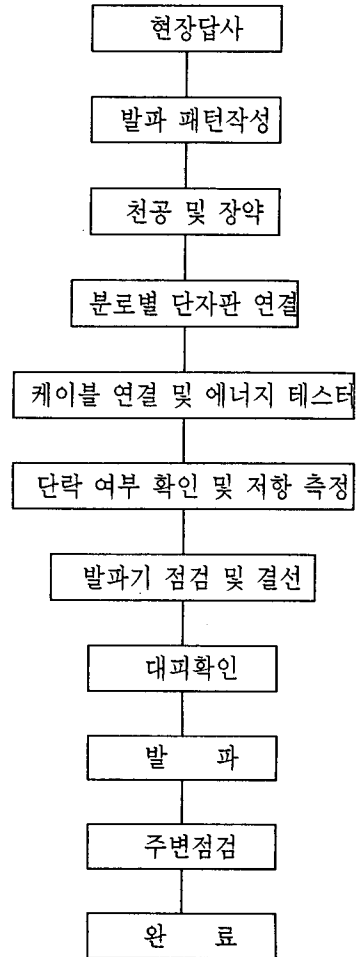
우리나라에는 국내에서 특허로 제작된 수동회전식 다단식발파기를 일부현장에 사용하고 있으며, 모판과 자판을 조합·확장시 최대 19단자까지 가능한 독일 WASAGCHEMIE社와 전자식 ZEB/SEQ연속(다단)발파기및 미국 REO社의 콘덴서식 다단발파기가 도입되어 발파현장에서 사용되고 있다. 당 보고서에 사용한 다단식 발파기(Reo Sequential Blasting Machine)는 전세계적으로 약 2,500여대가 보급되어 발파엔지니어들로부터 많은 명성을 얻고있는 미국의 REO社의(Research Energy of OHIO, Inc.)제품²⁾으로 홍림무역 및 (주) 바이텍코리아에서 수입 보급하고 있는 BM175-10PT 기종으로써, 1회로당 전체저항 175Ω까지 연결된 전기뇌관을 기폭시킬수 있는 10회로 콘덴서식 연속발파기로, 9개의 세자리 스위치가 있으며 1MS에서 999MS까지 지연시차(Delay Time)를 임의로 조절할 수 있는 발파기로서 국내에 생산중인 지발전기뇌관(MSD 20단, DSD 20단, 조합시 36단 사용가능)을 사용시에도 단계별 지연시차의

조정이 가능하므로 다량발파의 효과를 나타내면서 소음·진동 의감소 및 결선의 단락여부도 확인할 수 있는 좋은 발파기라 할 수 있다.

3.2 사용방법

레오사의 다단식 발파기 BM175-10PT의 사용 방법은 다음과 같다. <Fig. 2> 참조.

- (1) 발파장소를 10개 구역으로 나누어 1개 회로당 175Ω 이내(1Ω 기준일때 175발)로 전기 뇌관을 배열하고 장악한 후 보조모선으로 연장한다.
- (2) 각 분로각선(보조모선)을 10개 회로로 단자판(TB15)에 연결하고, 라인별로 오옴메터(B01999-10)로 전기뇌관 회로의 단락 여부를 확인하고 저항을 측정한다.
- (3) 저항을 확인한 후 케이블릴(CR50)에 감겨 있는 연장케이블(EC15-500)을 단자판에 연결하고 안전한 발파장소로 이동한다.
- (4) 에너지테스트(ET175-10)를 이용하여 다단식 발파기의 10개 회로에 대한 에너지출력을 점검하여 발파 가능 여부를 판단하고, 발파기의 회로별 지연시차를 17, 25, 42, 67MS 등으로 맞춘다.
- (5) 연장케이블을 결선하기 전에 오옴메터로 단락 및 저항 여부를 재확인하고 연장 케이블을 발파기에 접속한다.
- (6) 대피 완료를 확인한 후에 충전하고 Fire Switch를 누른다.



<Fig. 2> Use order of sequential blasting machine

4. 노천발파에서 기본설계법

본 다단식발파기는 10개 회로로 되어있으므로 10개 분로로 나눌수 있다. 최초 1개분로는 대체로 0ms의 단차로 두며 1→2번 단차는 비전기식 뇌관의 발파시스템의 연결뇌관단차와 같은 17, 25, 42, 67, 100, 109ms로 들수 있으나 가장 효율적으로 운영하기 위해서는 일반적으로 17ms를 두는것이 좋다. 그러므로 2~10번 회로의 단

차를 17ms로 두었을때 153ms가 되므로 안전을 고려한다면 최초기폭뇌관은 200ms 이상이 가장 적합하다고 판단된다. 그러므로 현재 국내에서 시판되고 있는 지발전기뇌관을 조합하여 사용하면 MSD 8단에서 20단(Fig. 3의 8~20)과 DSD 6단에서 20단(Fig. 3의 3, 4, 6~20)을

조합하면 30단을 사용할 수 있으므로³⁾ 300발까지 지발발파를 할수있다. 이 경우 단차관의 1~10은 회로수 및 장약열이고 MSD 8에서 DSD 20은 장약줄이다. 설계 예를 들면 <Fig. 3>과 같다.

단차관 ← 자유면, 버력방향

	8	9	10	11	12	13	3	14	15	16	17	4	18	19	20	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Fig. 3) An Example of Ignition Pattern 30 × 10 Line

5. 설계 및 시공 예

N 국가공단 6개 공구중 4개 공구에서 다단식 발파기를 사용하여 발파한 결과는 <Table 2>와

같으며, 사용한 진동측정기는 Instantel DS-077로 <Fig. 4>와 같다. 그중에 대표적인 발파패턴은 <Fig. 5>와 같으며 발파결과는 <Fig. 6>과 같다.

<Table 1>

EXAMPLE

NO	DATE	COMPANY	TOTAL DRILLING HOLES	AMOUNT OF CHARGE	Level of Gr Vib (cm/sec)	NOISE (dB)	DISTANCE
				NUMBER OF HOLES			
1	1994.11. 3	D	164	23kg/1hole	0.12		300m
2	1994.11. 3	H	87	23kg/1hole	0.15		400m
3	1994.11. 4	S	179	46kg/2hole	0.10		600m
4	1994.11. 7	D	130	23kg/1hole	0.37		300m
5	1994.11. 8	K	180	45kg/2hole	0.20	106	600m
6	1994.11.10	D	130	23kg/1hole	0.26		250m
7	1994.11.12	D	78	23kg/1hole	0.28		250m
8	1994.11.15	D	55	23kg/1hole	0.08		250m
9	1994.11.19	D	150	23kg/1hole	0.48		300m
10	1994.11.21	D	170	15kg/1hole	0.39	109	300m
11	1994.11.21	S	120	23kg/1hole	0.10		600m
12	1994.11.25	D	100	23kg/1hole	0.48	112	300m
13	1994.11.28	D	192	15kg/1hole	0.20	62	300m
14	1994.12. 1	D	137	30kg/2hole	0.16		300m
15	1994.12. 2	S	193	88kg/4hole	0.22		600m
16	1994.12. 3	D	150	8kg/1hole	0.2		300m
17	1994.12. 6	D	243	14kg/1hole	0.15		200m
18	1994.12. 8	S	484	88kg/4hole	0.15		20m
19	1994.12. 8	D	240	46kg/2hole	0.16		250m
20	1994.12.13	H	80	23kg/1hole	0.08		400m
21	1994.12.13	D	230	23kg/1hole	0.12		200m

<REMARKS>

—Charge Calculation—

Drilled depth 11.4~117.7m

Burden 1.8~2.2m

Spacing 1.8~2.5m

Charge of hole 22~23kg

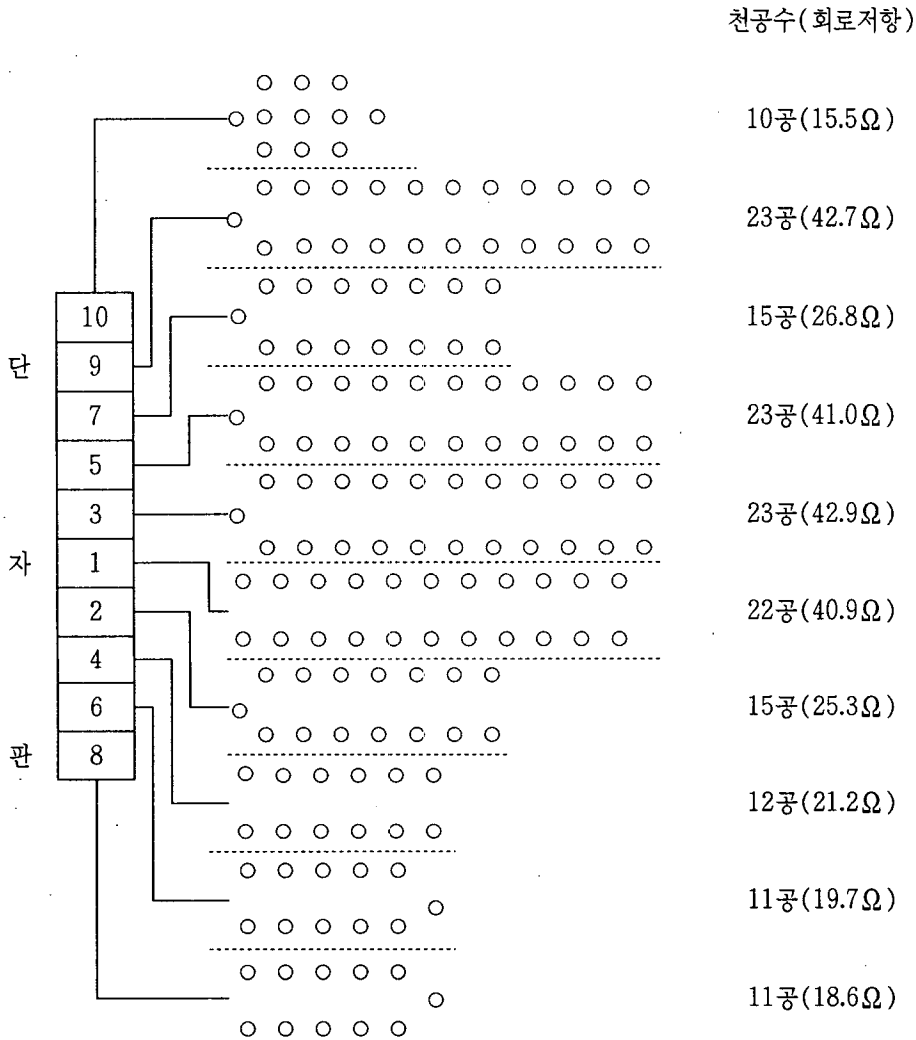
—Vibration Level Meter—

Instanfel DS-077

Minimate

상기 표에서와 같이 다단식 발파기는 지발당 1 발씩 설계시에 100~200공이 가장 적합하며 경우에 따라서는 200~250공의 결선도 가능하다. 또한 2발씩 제발발과 설계시엔 300~600공 결선이

가능하다. 여기에서 NO.4의 0.37과 NO.8의 0.08의 차이가 큰데 NO.4의 경우 결선미스등으로 이중 기폭현상으로 추정된다.

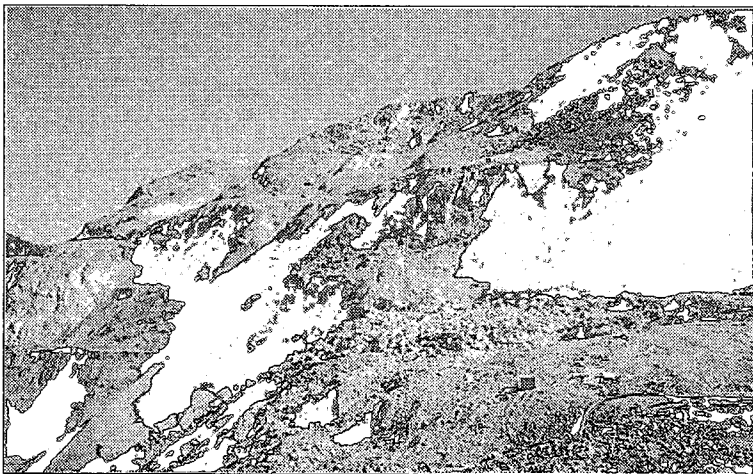
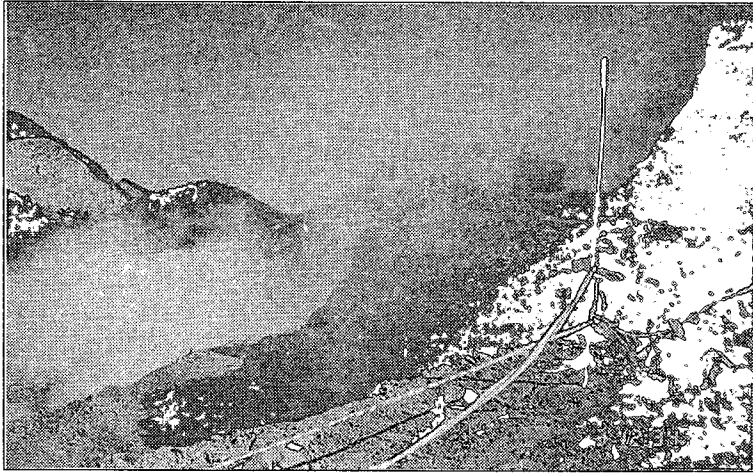


〈발파제원〉

- 총천공수 : 164공
- 천공간격 : 1.8~2.5m
- 저항선 : 1.8~2.2m
- 천공길이 : 11.4~11.7m
- 천공각도 : 90도

계 : 16공 (294.6Ω)

〈Fig. 5〉 Blasting patten



〈Fig. 6〉 Example of Fire

6. 결과분석

- (1) 노천발파에서 다단식발파 시공사례중 전기 한 <Fig. 5>을 모델로 할 때 자유면 방향에서 중앙라인을 1번, 우측 2번, 좌측 3번 순으로 10개 회로 총 164공을 연결하고 1개 회로당 MSD 8~20, DSD 6~15을 사용하여 회로당 17ms시차를 주었을때 진동치는 0.12cm/sec로 매우 양호하였다. 이때 10개회로 17ms시차일때 153ms가 소요되므로 안전율을 고려하여 지연초시가 200ms인 MSD 8번을 최초기폭뇌관으로 사용하였다.
- (2) 재래식 분할 및 소규모 발파에 비해 천공에 필요한 시간은 많이 소요되나 발파회수는 줄일수있다. 그러므로 이로 인한 낙석과 부석의 위험이 감소되고 작업공정이 줄어들며 소할에도 유리하였다.
- (3) 그러나 다단식발파기를 사용할때에도 <Table. 1>의 11.91와 11.25에서 0.489, 0.486카인 (Kine, cm/sec)이라는 높은 진동치가 나올 수 있음에 유의해야한다. 이 경우 자유면 형

성 불량, 지발전기뇌관배치착오 및 장약실수, 암반상황 미확인, 계측기 측정위치 차이 등을 들수있으며 발파패턴제와 발파기 조작 미숙등에도 기인할 수 있으므로 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

7. 결 론

레오社의 BM175-10PT 다단식 발파기를 사용한 발파패턴설계는 지발당 1공으로 분로당 17ms로 들때 국내 MSD뇌관 8단에서 20단과 DSD 6단에서 20단을 조합하여 300발까지 설계가 가능하다. 현장시공 결과 지발당 1발씩 설계시 100~200공이 가장 안전하고 적절한 수준이라 할 수 있으며 2발씩 결선시에는 300~600공이 가능하다. 그리고 외국의 노천발파현장에서 사용되고 있는 다단식 발파는 국내 지발전기뇌관을 사용시 분로당 지연시차 조정이 가능하므로 소음진동의 감소와 작업공정의 단축과 개선을 할 수 있으며 제한적인 비전기식뇌관의 기능을 발휘하면서 결선단락도 확인할 수 있는 효과적인 방법이라고 할 수 있다.