

지발뇌관의 시차와 다단발파에 대한 고찰

Review of Delay Time of Electric Detonator and
Blast Design Using the Sequential Blasting Machine

두 준기

Joon-Kee Doo

(주)청석엔지니어링

초 록

발파에 사용하는 지발뇌관의 정확한 지연초시를 알지 못하면 발파진동제어 발파에서 허용진동값을 초과하여 실패하는 경우가 많다. 발파공의 지발단차를 설계함에 있어서 지발뇌관 사이의 실제 기폭초시가 8 ms를 초과하도록 기폭초시를 배열하기 위해서는 지발뇌관 자체의 지발초시 오차가 발파에 어떠한 영향을 미치는가를 면밀하게 검토하여 발파진동을 제어할 수 있도록 지발뇌관의 실제 초시에 의해 순차적으로 기폭될 수 있는 지발시차로 발파를 설계해야 한다. 지발뇌관의 제조기준과 명목상의 호칭 초시 및 실제 초시 등이 어떤 특징을 나타내며 발파를 설계할 때에는 어떤 초시를 기준하여 설계해야 진동제어를 실현할 수 있는가를 알아보고, 국내의 전기 지발뇌관과 다단발파기를 이용한 발파설계 사례는 어떤 종류가 있으며, 다단발파 구역의 회로분할과 분할구역에 대하여 지발뇌관 및 다단발파기에 의한 지연시차 배열은 어떻게 조합해야 올바른 진동제어 발파가 될 수 있는지를 검토한다. 지발뇌관의 실제 초시를 고려하지 않은 발파에서 설계시의 허용기준과 관계없이 과도한 발파진동이 발생되어 공해가 발생되므로 지발뇌관의 실제 초시를 기준하여 중복초시와 적절한 초시간격이 유지될 수 있도록 설계하는 기술이 필요하다.

핵심어 : 전기지발뇌관, 기폭초시, 초시단차, 다단발파기, 진동제어

1. 서론

발파작업에서 발생하는 발파공해는 사람과 동물에 피해를 줄 뿐아니라 가옥, 구조물 등에 손상을 발생시킨다. 발파공해를 최소화하기 위한 방법으로 지발당 장약량을 적게 하여 폭력을 분산시키기 위하여 지발뇌관을 사용하는데 지발뇌관의 지연초시 특성에 따른 사용방법이 정확하지 못하면 설계자의 의도와 상이한 발파결

과로 공해방지가 불가능해지므로 지발뇌관의 제조기준 및 시차의 배분 개념과 이용방법에 대하여 고찰하고 발파진동을 제어하기 위한 지발뇌관의 사용방법을 제시하고자 한다. 지발뇌관을 이용하여 발파진동 제어기술의 일부분을 이해하므로써 발파작업의 정확성과 신뢰성을 구축하여 공해방지에 더욱더 적극적인 대처를 할 수 있다.

2. 지발뇌관의 초시 및 제조기준

2.1 지발뇌관의 초시

일반적으로 사용되고 있는 전기뇌관과 비전기 뇌관은 내부에 있는 지연장치에 의해 초시를 결정하게 된다. 지발뇌관의 초시는 기준초시 개념의 명목상 호칭 초시와 실제 초시로 구분할 수 있다.

2.2 명목상의 호칭초시

지발뇌관의 단수별로 기준초시를 정하여 자연수로 표기하며 일반적으로 지발뇌관을 호칭할 때 불려지는 초시이다.

0,17,20,25,40,42,50,60,67,75,80,100,109,120,125,140,150,160,175,176,180,200,220,225,240,250,260,275,280,300,320,325,340,360,375,380,400,425,450,475,500,600,700,800,900,1000,1200,1400,1600,1800,2000,2500,3000,3500,4000,4500,5000,5500,6000,6500,7000ms 등으로 표기한다.

2.3 제조허용범위에 의한 지발뇌관의 초시

지발뇌관을 제조하는 방법은 뇌관의 내부에 있는 불꽃화약으로 만들어진 지연장치에 의해 지연초시를 결정하여 생산한다. 지연장치는 불꽃화약의 길이를 차등화 하여 지발뇌관초시를 결정하는데 불꽃화약의 길이를 정밀하게 제조해도 연소시간의 오차 등에 의하여 정확한 시간으로 제조가 불가능하여 기준 초시를 정하고 기준초시에 일정한 오차범위 이내의 허용범위를 정하여 허용범위 이내의 초시를 유지하도록 지연장치를 제조한다. 지연 장치의 지연시차가 짧으면 기준초시 간격이 좁고 지연시차가 길어지면 연소시간에 누적오차가 크게 발생하여 지발단차의 초시간격을 넓혀야 순서에 의한 기폭이 이루어질 수 있다. 제조허용범위에 의한 지발시차는 단일숫자로 표기하지 않고 0~10, 11~30, 31~50, 5751~6250 ms 등의 범위로 표기한다.

표 1. 지발뇌관의 기준초시(호칭초시) 및 제조허용기준

순위	고려 화약			한 화			비 고
	기준초시	생산허용기준		기준초시	생산허용기준		
		최저	최대		최저	최대	
1	0	0	~ 6	0	0	~ 10	
2	25	12.5	~ 37.5	20	11	~ 30	
3	50	37.5	~ 62.5	40	31	~ 50	
4	75	62.5	~ 87.5	60	51	~ 70	
5	100	87.5	~ 112.5	80	71	~ 90	
6	125	112.5	~ 137.5	100	91	~ 110	
7	150	137.5	~ 162.5	120	111	~ 130	
8	175	162.5	~ 187.5	140	131	~ 150	
9	200	187.5	~ 212.5	160	151	~ 170	
10	225	212.5	~ 237.5	180	171	~ 190	
11	250	237.5	~ 262.5	200	191	~ 210	
12	275	262.5	~ 287.5	220	211	~ 230	
13	300	287.5	~ 312.5	240	231	~ 250	
14	325	312.5	~ 337.5	260	251	~ 270	
15	350	337.5	~ 362.5	280	271	~ 290	
16	375	362.5	~ 387.5	300	291	~ 310	

17	400	387.5 ~ 412.5	320	311 ~ 330	
18	425	412.5 ~ 437.5	340	331 ~ 350	
19	450	437.5 ~ 462.5	360	351 ~ 370	
20	475	462.5 ~ 450	380	371 ~ 390	
21	500	450 ~ 550	400	391 ~ 450	
22	600	550 ~ 650	500	451 ~ 550	
23	700	650 ~ 750	600	551 ~ 650	
24	800	750 ~ 850	700	651 ~ 750	
25	900	850 ~ 950	800	751 ~ 850	
26	1000	950 ~ 1100	900	851 ~ 950	
27	1200	1100 ~ 1300	1000	951 ~ 1100	
28	1400	1300 ~ 1500	1200	1101 ~ 1300	
29	1600	1500 ~ 1700	1400	1301 ~ 1500	
30	1800	1700 ~ 1900	1600	1501 ~ 1700	
31	2000	1900 ~ 2250	1800	1701 ~ 1900	
32	2500	2250 ~ 2750	2000	1901 ~ 2250	
33	3000	2750 ~ 3250	2500	2251 ~ 2750	
34	3500	3250 ~ 3750	3000	2751 ~ 3250	
35	4000	3750 ~ 4250	3500	3251 ~ 3750	
36	4500	4250 ~ 4750	4000	3751 ~ 4250	
37	5000	4750 ~ 5250	4500	4251 ~ 4750	
38	5500	5250 ~ 5750	5000	4751 ~ 5250	
39	6000	5750 ~ 6250	5500	5251 ~ 5750	
40			6000	5751 ~ 6250	
41			6500	6251 ~ 6750	
42			7000	6751 ~ 7250	

2.4 지발뇌관의 실제초시

지발뇌관의 실제초시는 뇌관이 점화되어 실제로 기폭되는 초시를 말한다. 실제로 기폭초시 시험을 통하여 확인한 실제 초시 값은 83.29 ms, 447.91 ms, 2647.54 ms 등으로 표기한다.

같은 단의 뇌관을 여러 개 채취하여 기폭초시 시험을 실시하여 최대초시, 최소초시, 초시의 최대치, 표준편차 등을 구하여 공학적인 정밀발파를 위한 발파설계시 이를 활용한다.

3. 같은 단수로 제발할 때의 감소계수

랑게포스는 지발뇌관에 의한 발파에서 발생되는 주파수에 따라 제발 비율을 규정하였다. 같은 단수의 뇌관을 제발 해도 제조상의 허용

오차에 의해 8 ms 이내에서 제발 되는 상태를 확률에 따른 통계처리로 감소계수를 설정하였다.

4. 지발뇌관의 초시 조합

4.1 MS뇌관과 LP뇌관의 조합

일반적인 발파에서 이용하는 초시배열로서 전기뇌관이나 비전기 뇌관에서 공히 가능하고 순발뇌관과 MS(Millisecond)뇌관, LP (Long period) 뇌관을 조합한다. 지발뇌관의 단수를 제조사 제품에 따라 최대 30단에서 42단까지 조합이 가능하다.

표 2. 지발뇌관의 실제초시

순위	기준초시	생산허용기준		제품시험값			비 고
		최저	최대	최저	최대	최대오차	
1	0	0~	6	1.04~	2.14	1.10	
2	25	12.5~	37.5	18.24~	21.25	3.01	
3	50	37.5~	62.5	44.27~	58.55	14.28	
4	75	62.5~	87.5	74.24~	83.29	9.05	
5	100	87.5~	112.5	92.59~	112.48	19.89	
6	125	112.5~	137.5	116.40~	121.40	5.0	
7	150	137.5~	162.5	140.45~	150.41	10.17	
8	175	162.5~	187.5	175.45~	184.26	8.81	
9	200	187.5~	212.5	208.40~	212.06	3.66	
10	225	212.5~	237.5	215.88~	255.90	10.02	
11	250	237.5~	262.5	244.30~	257.62	13.32	
12	275	262.5~	287.5	268.42~	279.41	10.99	
13	300	287.5~	312.5	295.47~	300.01	4.54	
14	325	312.5~	337.5	318.62~	324.41	5.79	
15	350	337.5~	362.5	349.08~	361.40	12.32	
16	375	362.5~	387.5	369.14~	379.14	10.0	
17	400	387.5~	412.5	389.88~	411.27	21.39	
18	425	412.5~	437.5	418.72~	431.99	12.77	
19	450	437.5~	462.5	447.91~	460.10	12.19	
20	475	462.5~	450	466.51~	479.43	12.92	
21	500	450~	550	509.65~	519.87	10.22	
22	600	550~	650	608.45~	627.43	18.98	
23	700	650~	750	687.51~	716.47	28.96	
24	800	750~	850	808.72~	827.54	18.82	
25	900	850~	950	889.92~	911.11	21.19	
26	1000	950~	1100	1088.78~	1099.15	10.37	
27	1200	1100~	1300	1218.96~	1241.56	22.6	
28	1400	1300~	1500	1456.24~	1481.50	25.26	
29	1600	1500~	1700	1587.65~	1641.58	53.93	
30	1800	1700~	1900	1719.25~	1825.10	105.83	
31	2000	1900~	2250	2008.67~	2095.10	86.43	
32	2500	2250~	2750	2436.53~	2647.54	211.01	●최대오차발생
33	3000	2750~	3250	2964.37~	3015.48	51.11	
34	3500	3250~	3750	3505.18~	3695.41	190.23	
35	4000	3750~	4250	4100.69~	4200.92	100.23	
36	4500	4250~	4750	4500.04~	4605.17	105.13	
37	5000	4750~	5250	5004.50~	5143.57	139.07	
38	5500	5250~	5750	5419.18~	5517.49	98.31	
39	6000	5750~	6250	6004.51~	6178.41	173.90	
40							

표 3-1. 일반적인 발파진동 감소계수

뇌관의 타입	단수	동일 단수의 제발비율(감소계수)	비 고
KT/MS	1~10	1/2	
노넬 GT	3~10	1/2	
KT/MS	11~20	1/3	
노넬GT	11~20	1/3	
노넬GT/T	1~20	1/4	
	25~80	1/6	
KT/HS	1~12	1/6	

표 3-2. 주파수에 의한 감소계수

진동 주파수	뇌관 시차별 감소계수			비 고
60Hz미만	KT/MS 1~10	KT/MS 11~20	KT/HS 1~12	
	1	1/2	1/6	
20Hz 미만	KT/MS 1~20	KT/HS 1~12		HS뇌관은 최대200ms를 기본
	1	1/3		

표 4-1. 비전기식 공내 및 표면 지연뇌관의 초시

구 분	한 화			고려화약					비 고
	TLD	DHD	Bunch type	Snapline		Unidet		Bunch conector	
1	0	400	0	SL 0	0	U400	400	0	
2	17	425	17	SL17	17	U425	425	17	
3	25	450	25	SL25	25	U450	450	25	
4	42	475	42	SL42	42	U475	475	42	
5	67	500	67	SL67	67	U500	500	67	
6	109		109	SL109	109			109	
7	176		176	SL176	176			176	

표 4-2. 전기 및 비전기식 뇌관의 초시

구분	한화제품 기준초시				고려화약제품 기준초시				비 고	
	단수	전기뇌관	비전기뇌관	단수	전기뇌관	비전기뇌관				
1	0	순발	0	순발	0	1	순발	0	25	
2	1		20		20	2		25	75	
3	2		40		40	3		50	100	
4	3		60		60	4		75	125	
5	4		80		80	5		100	150	
6	5		100		100	6		125	175	
7	6		120		120	7		150	200	
8	7		140		140	8		175	225	
9	8		160		160	9		200	250	
10	9		180		180	10		225	275	
11	10	MS	200	MS	200	11	MS	250	300	
12	11	뇌관	220	뇌관	220	12	뇌관	275	325	
13	12		240		240	13		300	350	
14	13		260		260	14		325	375	
15	14		280		280	15		350	400	
16	15		300		300	16		375	425	
17	16		320		320	17		400	450	
18	17		340		340	18		425	500	
19	18		360		360	19		450	600	
20	19		380		380	20		475	700	
21	20		400		400	21		500	800	
22	21		500		500	22		600	900	
23	22		600		600	23		700	1000	
24	23	LP	700	LP	700	24	LP	800	1100	
25	24	뇌관	800	뇌관	800	25	뇌관	900	1200	
26	25		900		900	26		1000	1400	
27	26		1000		1000	27		1200	1600	
28	27		1200		1200	28		1400	1800	
29	28		1400		1400	29		1600	2000	
30	29		1600		1600	30		1800	2500	
31	30		1800		1800	31		2000	3000	
32	31		2000		2000	32		2500	3500	
33	32		2500		2500	33	LP	3000	4000	
34	33	LP	3000	LP	3000	27	뇌관	3500	4500	
35	34	뇌관	3500	뇌관	3500	28		4000	5000	
36	35		4000		4000	29		4500	5500	
37	36		4500		4500	30		5000	6000	
38	37		5000		5000	31		5500		
39	38		5500		5500	32		6000		
40	39		6000		6000					
41	40		6500		6500					
42	41		7000		7000					

5. 전지발뇌관과 다단발파기에 의한 시차조합

5.1 다단발파기에 의한 단수 설계시 시차의 선정

전기뇌관의 MS, LP뇌관만으로는 조합한 단수가 부족한 경우 다단발파기를 이용하여 지발단수를 늘릴 수 있다. 지발뇌관과 다단발파기를 이용하여 지발단수를 늘리는 경우에는 지발뇌관의 실제 초시가 지발단차에 미치는 영향을 면밀히 검토하여 지발단수를 설계하지 않으면 설계자의 의도와는 다른 지발초시를 나타내므로 실제초시에 의한 8ms를 초과하는 초시간격이 유지되도록 단차 설계가 이루어져야한다.

5.2 다단발파기

미국의 Research Energy of Ohio Co. 제품의 BM 175-10PT Blasting Machine과 TB15 단차판(10개의 회로), EC15-500 연결 케이블, AD5

로드플러그, CR50 케이블릴, BT300B-10 또는 ET175-10 에너지 테스터, BO1999-10 오옴메터를 사용하여 1ms~999ms까지 지연시차를 임의로 조정할 수 있는 다단발파기이다. 국산과 일본 제품도 있다.

5.3 계단발파에서 다단발파기에 의한 단수조합

계단발파에서 다단발파기로 단수를 늘려 설계할 때에는 지발뇌관의 단수와 다단발파기의 단차 판에 있는 10개의 회로를 구성하여 지발단수를 설계할 수 있으나 상기 3항의 랑게포스가 제안한 지발뇌관의 지연시차와 주파수에 따른 제발 감소계수를 고려하면 더 많은 지발단수도 설계가 가능하다. 그러나 다단발파기에 의한 지발단차 설계시 가장 중요한 것은 공 내에 장전된 뇌관의 최초 기폭시간을 표면지연시차 뇌관의 최종 점화시간보다 길게 선정하여 표면 지연뇌관이 점화되기 전에 공 내에 장전된 뇌

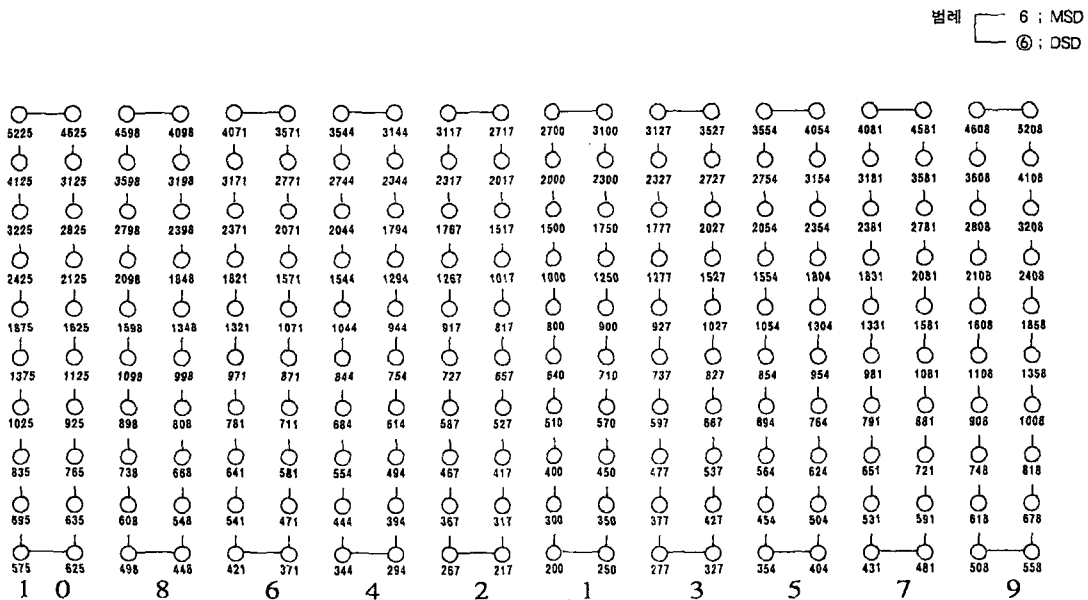


그림 1. 계단발파의 다단발파기에 의한 초시배열

관이 기폭 되어 CUT-OFF에 의한 불발이 발생되지 않도록 기폭시차를 결정해야하고, 열과 열간의 지연시간은 경암(10 ms)과 연암(30 ms)까지 다양하지만 일반적으로 15 ms가 적당하다. 장전하는 지발뇌관의 지연시차가 큰 뇌관은 전발과공과 후 발과공간의 기폭시차가 커져지거나 다단발파기의 분할초시를 더하여 전열과 후열공의 시차를 10~30 ms의 시차로 설계해도 뇌관자체의 오차범위가 커서 1000 ms 이상의 지발시차를 갖는 지발뇌관에서는 전열공과 후열공의 시차가 뒤바뀌는 현상이 발생하거나 공과 공사이의 시차와 열간의 시차를 조정하기가 곤란하게 된다. 지발뇌관과 다단발파기를 사용하여 계단발파를 설계할 경우에는 지발뇌관의 실제 초시를 확인하여 기폭시차가 뒤바뀌는 현상을 사전에 방지할 수 있도록 발파를 설계해야 한다.

5.4 터널발파의 다단발파기에 의한 단수 조합

터널발파에서 다단발파기를 이용하여 지발단수를 늘려 발파를 설계할 때 터널의 전단면을 몇 개의 구역으로 분할하여 각각의 구역별로 회로를 구성하여 다단발파기의 회로단자판을 거쳐 다단발파기에 의한 조정된 시차를 배분하여 공 내에 장전된 지발뇌관의 시차와 다단발파기에 의해 조정된 시차를 더하여 다단계의 기폭초시를 결정하여 발파를 설계한다.

국내에서 개발된 다단발파에 의한 터널 발파 방법은 그림 2의 특허 0158532호(1995년 출원, 1998년 등록) “다단식 발파기를 이용한 터널발파방법”과 그림 3의 서울지하철 8-11공구 성내교 하부 통과구간에서 1996년 시행한 가칭 “다단식 발파기를 이용한 터널의 전단면 발파방법”과 1997년 7월에 특허출원 하여 2000년 7월 12일 특허 취소된 “정밀기폭시차 조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템”과 2000년 5월 17일 진

설교통부 신기술 제232호로 지정된 “다단식 발파기를 이용하여 전기기폭시차를 제어하는 터널발파공법”등 여러 가지 발파법이 있다. 다단식 발파기를 이용하여 터널발파방법을 개발한 유형별로 지발뇌관의 초시배열 내용을 알아보고 방법별로 어떠한 특징이 있는 가를 검토한다

5.4.1 다단식 발파기를 이용한 터널발파방법 (특허0158532호, 1998.8.5)

다단식 발파기를 이용한 터널발파방법은 발파 전단면을 여러 개의 영역별로 구분하여 일정한 형태로 천공한 후 초시단차 250~600 ms인 뇌관을 영역별로 회로를 구성하여 회로 단자판을 거쳐 다단발파기에 연결하여 지발뇌관의 자체시차와 다단발파기에서 조정된 시차를 갖고 다단계의 시차로서 연속적으로 기폭되게 함으로서 전단면을 최소의 지발당 장약량으로 1회로 발파시키게 함을 특징으로 하는 다단식 발파기를 이용한 터널발파방법이며 이 발파법의 특징은 MS지발뇌관을 사용하지 않고 DS(LP)뇌관만을 사용하여 터널발파패턴을 설계한 것이라 할 수 있다.

5.4.2 서울지하철 제8-11공구 성내교 하부 통과구간 터널발파방법

서울지하철 제 8-11공구의 성내교 하부 터널에서 시행하였던 터널발파방법은 발명특허인 “다단식 발파기를 이용한 터널발파방법”의 문제점인 심발공 부위와 확대공 부위를 동일한 구역으로 분할하여 DS지발뇌관으로 발파를 설계함으로써 지발뇌관의 초시오차에 의한 문제점과 심발공에서 Millisecond Blasting 효과를 얻을 수 없어 발파효율이 양호하지 못한 점들을 개선하였다. 심발공 부분의 발파효과를 극대화하기 위하여 지발뇌관의 초시오차가 적고 기폭초시의 간격을 일정하게 유지할 수 있는 MS지

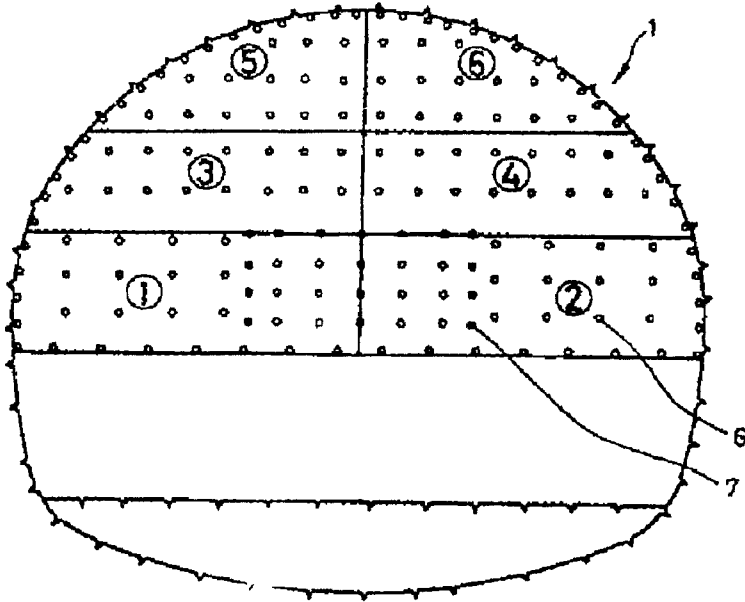


그림 2. 다단식 발파기를 이용한 터널발파방법

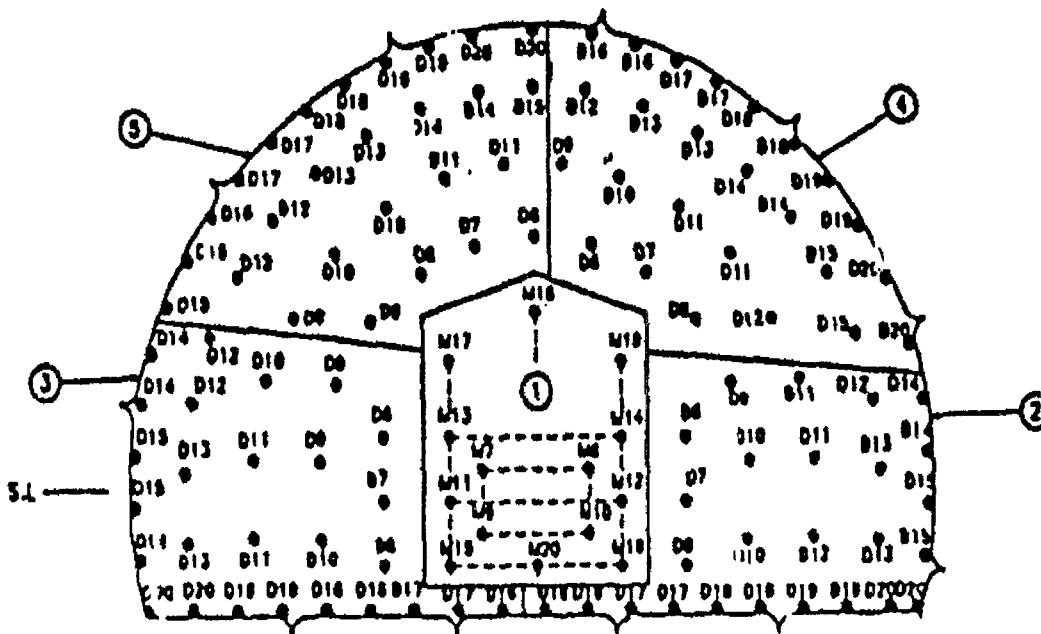


그림 3. 서울지하철 8-11공구 성내교 하부 통과구간 터널발파방법”
(1996.5.20~1996.6.3 시험발파 시행 후 터널연장 200M 이상 발파작업하였슴)

발뇌관을 확대공 구역의 통전에 의한 점화시간을 고려하여 #7번부터 사용하였다. 확대공 구역에는 DS(LP)뇌관 #4번부터 사용하여 구역별 회로를 구성하여 심발공 구역의 기폭이 완료된 후에 심발공에 의해 확보된 자유면을 이용하여 구역별로 각 회로의 낮은 기폭시차의 지발뇌관부터 순차적으로 기폭되게 함으로서 전단면 터널을 발파하는 방법이다.

MS뇌관을 배치한 심발공 구역은 맨 먼저 기폭 되도록 다단발파기에 의한 시차를 배열하고 확대공 및 주변공의 분할된 구역은 심발 구역의 다음부터 초시가 낮은 지발뇌관부터 회로별로 순차적으로 기폭 되도록 다단발파기에 의한 회로를 구성하여 발파함으로서 다단발파기를 사용해도 일반적인 발파와 같이 선 발파공에 의해 형성된 자유면을 이용하여 후 발파공이 용이하게 발파될 수 있도록 심발공 부위에서부터 순차적으로 자유면을 확대하는 발파가 진행되도록 하였으며 다단발파기를 사용할 때 가장 큰 문제점으로 대두되는 확대공 구역의 동일초시의 지발뇌관들이 뇌관 자체의 초시 오차에 의하여 기폭순서가 뒤바뀔 때 인접 발파공을 손상시키거나 자유면이 없는 상태에서 후 열 발파공이 먼저 기폭 되는 현상을 방지하기 위하여 확대공 및 주변공의 각 구역에서 기폭되는 뇌관의 초시를 배열함에 있어서 자체 구역 내에서 최대한 자유면을 확보할 수 있도록 지발뇌관을 배열하였고 부득이한 경우에는 인접구역에 장전되는 뇌관의 단차가 한 단계 낮은 지발뇌관에 의하여 확보된 자유면을 이용할 수 있도록 지발뇌관을 배열하여 해결함으로서 동일초시 지발뇌관의 초시오차 문제를 해결하였다.

5.4.3 정밀기폭시차조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템 (특허출원번호 제97-34103호) 정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반

발파시스템은 다단식 발파기를 이용하여 터널 또는 수직구 등의 전단면을 1회의 발파로 굴착할 수 있을 뿐만 아니라, 발파로 인해 야기되는 지반진동 및 소음을 대폭 감속시킬 수 있는 정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템에 관한 것으로, 특히 심발공 심발 확대공 및 외곽공에 장전된 지발뇌관의 기폭시차를 다단계로 분산 제어함으로써 정밀기폭시차 조정이 가능하기 때문에 초기 지반진동의 제어능률이 우수하고, 시공 작업능률을 향상시킬 수 있는 것으로, 심발공·심발 확대공 및 외곽공 등을 일정한 형태의 소정 깊이로 천공하는 천공단 계와 천공된 공에 지발뇌관과 폭약을 채우는 폭약 장전단계와, 장전되는 지발뇌관들을 기폭 시키는 기폭 단계로 이루어진 발파방법에 있어서, 심발공에는 20-25 ms의 기폭시차 간격을 갖는 지발뇌관들을 폭약과 함께 장전하고, 심발 확대공 및 외곽공 등에는 100-500 ms의 기폭시차 간격을 갖는 지발뇌관들을 폭약과 함께 장전시켜 다단식 발파기에서 회로구성을 통하여 회로별 일정한 지연시차를 설정하여 적정시차를 갖도록 조정하여 발파됨을 특징으로 한다. 심발공 구역은 지발뇌관 자체가 갖고 있는 기폭시차를 갖고 발파되게 하며, 심발 확대공 및 외곽공 구역은 회로별로 지발뇌관들의 기폭시차 이외에 각각 일정한 지연시차 범위 내에서 적정시차를 설정하여 각 장약공이 서로 다른 기폭시차를 갖고 연속적으로 기폭 됨을 특징으로 하는 정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템이다.

정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템은 발파패턴을 설명하는 용어의 구성이 서울지하철 8-11 공구 성내교 하부통과구간 터널발파방법과 약간의 차이가 있으나 발파기술상의 내용은 일치하는 것으로서 심발공 부분은 MS지발뇌관으로 장전하여 회로를 형성시키고 확대공 및 주변공 부분은 몇 개의 영역으

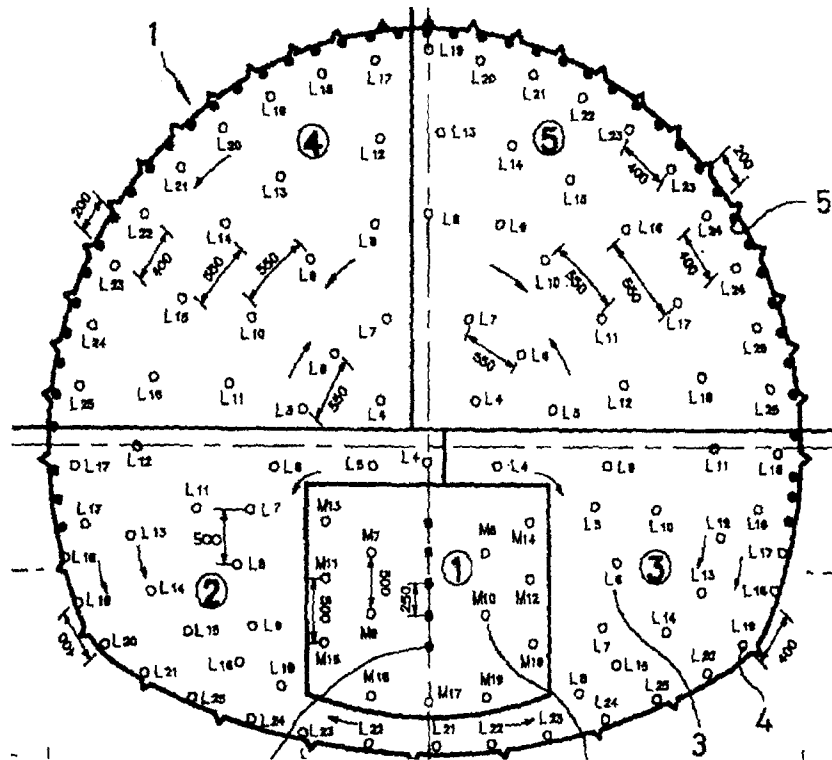


그림 4. 정밀기폭시차 조정이 가능한 진동제어 암반발파시스템

로 분할하여 DS지발뇌관을 장전하여 각각의 회로를 형성시켜 장전된 지발뇌관의 시차와 다단 발파기에 의한 시차를 더하여 지발뇌관의 기폭 초시를 결정하는 것이 동일하므로 같은 발파방법이라 할 수 있다.

정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반 발파시스템은 1997년에 특허출원 하였으며, 서울지하철 8-11공구 성내교 하부 통과구간 터널 발파방법은 1996년 5월에 시행하였으므로 서울지하철 제 8-11공구에서 동일한 발파패턴으로 먼저 시행하였음을 확인할 수 있다. 동일한 발파패턴이 서로 다른 시점에서 각기 다른 용도로 우연하게 발표되었으나 지적재산권에 대한 소유권을 판단하는 기준에 의해 특허청에서 선행기술이 있는 발파방법에 관한 특허출원이므로 특허를 취소하기를 청원한 이의 신청에 의

해 2000년 7월 12일자로 특허가 취소되었다.

5.4.4 다단식발파기를 이용하여 전기 기폭시차를 제어하는 터널발파공법 (건설신기술 제232호)

신기술 제232호 "다단식 발파기를 이용하여 전기기폭시차를 제어하는 터널발파공법"은 터널 상, 하반단면 및 전단면을 여러 개의 영역별로 구획을 설정하여 통상적인 간격의 형태로 천공 후 MS(Milli-Second)지발 전기뇌관에 의한 단수(20단)에 LP(Long Period Delay) 지발 전기뇌관에 지발단수(25단)를 조합시켜 중복되는 시차를 제외하고 42단차를 만들고 천공구명 내에 지발전기뇌관들을 폭약과 함께 장전하되, 지발전기뇌관들의 각선을 영역별로 보조모션들에 연결하여 회로단자판을 거쳐 다단식 발파기

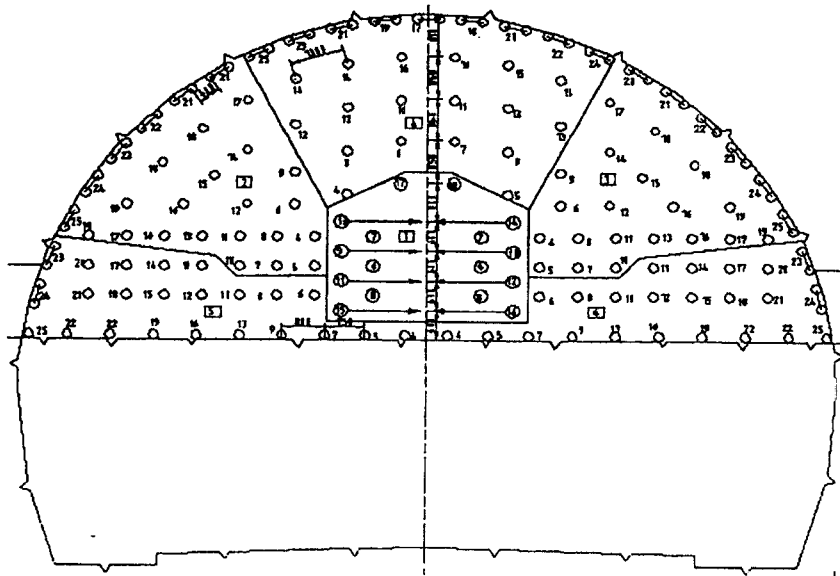


그림 5. 다단식 발파기를 이용하여 전기기폭시차를 제어하는 터널발파공법

의 10개 회로에 연결하여 회로를 구성한다. 이 다단식 발파기에서 일정간격의 지연시차를 갖도록 조정된 후, 각각의 장전된 지발뇌관들이 자체기폭시차에 다단식 발파기에서 조정된 지연시차를 갖고 심발기공을 중심으로 먼저 시차가 빠른 MS뇌관부터 기폭 하여 동심원상으로 다단계의 시차로서 연속적으로 기폭 되게 함으로써 전단면 또는 상, 하 반단면을 최소의 지발당 장약량으로 1회로 발파하는 터널발파공법이다. 이 경우 1회 기폭으로 인접된 구역에 모선이나 각선이 단절되더라도 이미 통전되어 있기 때문에 전기뇌관의 기폭에는 아무런 영향이 없다는 점에서 그 특징이 있다. 라고 신기술발파공법에 표기되어있다.

이러한 신기술 제232호를 개발하는 과정은 신기술 개발연혁에 1998.1~1992.1 터널발파공해(진동, 소음, 비석)의 문제점 및 대안검토. 1992.1~1994. 신기술 기초이론확립 및 현장적용시험. 1995.1 발명특허출원(출원번호: 제 95-000623호 특허명칭: 다단식 발파기를 이용한 터널발파방법. 1995.4.29 한국자원공학회 최신엔

지니어링 발파특별 심포지엄 연구발표회(터널에서 다단식 발파기에 의한 전단면 발파의 적용성). 1998.8.5 발명특허등록(다단식발파기를 이용한 터널발파방법)으로 표기되어 있다.

그러나 신기술 개발연혁에 표기된 내용에 의하면 신기술의 심발공 부분에 MS지발뇌관을 사용하여 다단발파패턴을 설계하는 기술은 개발연혁에 기재된 모든 내용이나 첨부된 서류에서는 확인할 수 없으며 다단식 발파기를 이용한 터널발파방법의 특허소유권자들에 의해 새로운 발파공법으로 특허출원 하여 취소된 출원번호 97-34103호 “정밀기폭 시차조정이 가능한 진동제어 암반시스템”에서 MS지발뇌관을 사용하여 터널발파의 심발발파를 설계하는 발파패턴 설계방법이 기록되어 있다.

6. 결론

전기식 지발뇌관을 이용하여 지발뇌관 자체

의 초시와 다단발파기에 의해 조정된 초시를 이용하여 발파패턴을 설계할 때에는 선 발파공과 후 발파공의 초시가 뒤바뀌거나 8 ms 이내의 중복시차가 나타나지 않도록 뇌관배열에 세심한 주의를 기울이지 않으면 발파설계에 서 규정한 허용진동값보다 큰 발파진동이 발생할 수 있다. 발파패턴의 기폭초시배열은 지발뇌관의 기준초시와 다단발파회로에서 조정한 초시를 고려하여 기폭순서를 결정할 때 지발뇌관의 실제 초시를 고려하지 않은 설계는 각각의 지발뇌관의 지발초시오차에 의해서 기폭순서가 뒤바뀌는 현상에 의해 정밀진동제어를 할 수 없게 되므로 지발뇌관의 실제 기폭초시를 분석하여 선, 후 발파공간의 상호 간섭이 발생되지 않도록 발파패턴을 설계해야 기폭초시가 순차적으로 진행되어 발파효율증대 및 안전제고는 물론 발파공해방지에 만전을 기할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김재극, 산업화약과 발파공학, 1986, 서울대학교출판부, p182~185.
2. 강대우, 심동수 편저, 응용발파기술, 1996, 구미서관, p227~229.
3. 한화기술연구소, 다단식발파기술 및 패턴 연구, 1995.
4. 양형식, 발파진동학, 1992, 구미서관, p236~243.
5. 김용수, 발파핸드북, 1995, 구미서관, p20~21.
6. 윤지선, 최신발파기술, 구미서관, p89~96.
7. 대한민국 특허청 공개특허공보. 제2746호 공개번호 98-3464.
8. 대한민국특허청 등록특허공보. 등록번호 특 0158532.
9. 서울지하철 제8-11공구 성내교 하부터널 시

험발파보고서.

10. 신기술 제232호, 다단식발파기를 이용하여 전기기폭시차를 제어하는 발파공법, 건설기술연구원.
11. 조영동, 터널굴착에서 다단식 발파기에 의한 전단면발파의 적용성 연구. 1994, 강원대학교 산업대학원.
12. 특허청 이의 결정서 (특허번호: 특-0196634-00-00 정밀기폭 시차조정이 가능한 진동 제어 암 반 발 파 시스템) 발 송 번 호 : 9-7-2000-000766715.
13. 고려화약제품 시험성적서 및 전기뇌관 단차 기준표.
14. 한화제품 시험성적서 및 전기뇌관 단차기준 표.
15. U. Langefors and B. Kihlstrom, The Modern Technique of Rock Blasting, Third ed. p281~284.
16. Stig O. Olofsson, Applied Explosives Technology for Construction and Mine, p219~220.