

암 발 파 설 계 요 령

1. 암발파 설계요령
2. 특별 시방서(암발파)
3. 단가산출서
4. 발파설계 패턴도
5. 발파 진동, 폭음 허용 기준
6. 품셈 개정 내용

2003. 2

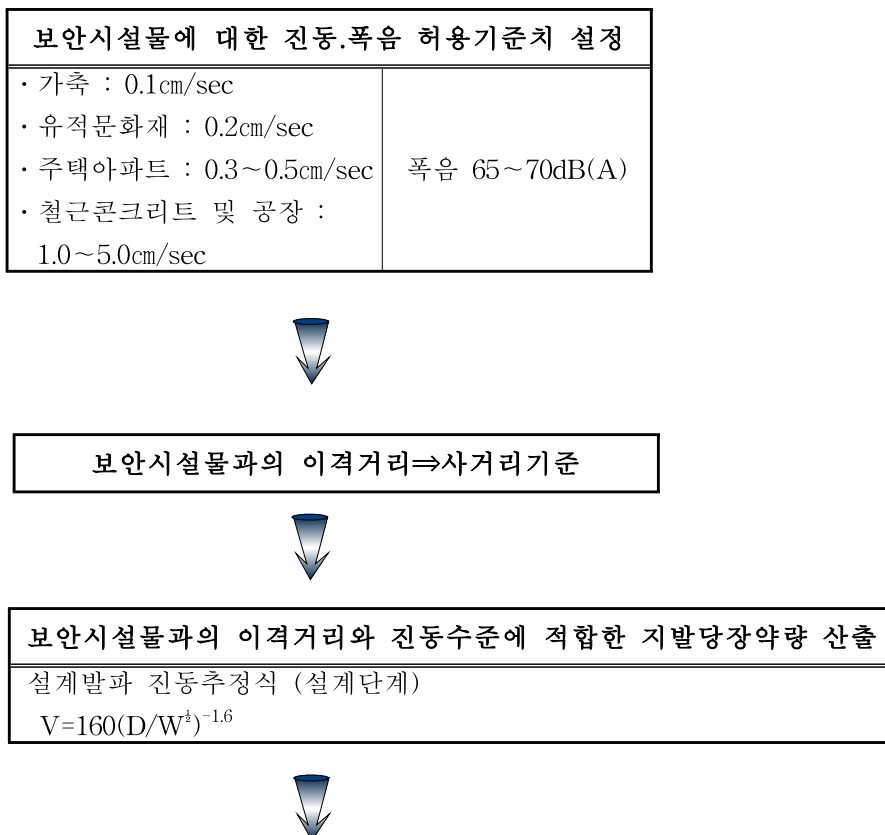
건 설 교 통 부

1. 발파설계의 개선방향 및 효과

- (1) 설계단계에서 발파지점의 인근 지장물과 이격거리를 면밀하게 조사한 후 발파공해의 허용기준치를 설정하고 설계발파진동 추정식에 의해 이격거리별로 6가지 TYPE의 표준발파패턴에 의거 설계를 실시한다.
- (2) 시공단계에서는 현장의 암반지질 및 지형조건등에 따라 발파진동 추정식이 변화되므로 발파작업 착수전에 시험발파를 실시하여 현장에 적합한 현장 발파진동 추정식을 산출하고, 지발당장약량에 의거 표준발파패턴에 대한 적용이격거리를 보정하여 공사를 실시하므로써 무리한 설계변경등의 사항이 개선될 수 있다.
- (3) 또한 발파작업시에 천공장, 천공간격, 최소저항선, 장약량등의 상세한 발파패턴등 설계도면작성으로 감리·감독이 현장에서 체계적으로 감독할 수 있어, 발파공해로 인한 집단민원을 사전에 방지할 수 있고, 피해 발생시 시공자의 책임한계를 분명히 할 수 있다.

2. 발파설계 흐름도

〈 설계 적용순서 〉



발파설계(실시설계) : 장약량별 표준발파패턴 선정						
구분	TYPE- I	TYPE- II	TYPE- III	TYPE- IV	TYPE- V	TYPE- VI
발파공법	암파쇄굴착 공법	정밀진동 제어발파	진동제어 (소규모)	진동제어 (중규모)	일반발파	대규모발파
허용지발당 장약량(kg/delay)	0.25이하	0.25~0.50	0.51~1.59	1.60~4.99	5.0~14.99	15이상
설계지발당 장약량(kg/delay)	0.18	0.32	1.0	2.0	5.0	20.0



현장 적정 발파공법 선정							
구분	발파공법	진동허용기준(cm/sec)					
		V=0.1	V=0.2	V=0.3	V=0.5	V=1.0	V=5.0
TYPE- I	암파쇄굴착	50m까지	40m까지	25m까지	20m까지	-	-
TYPE- II	정밀진동 제어발파	51~80	41~50	26~40	21~30	20m까지	-
TYPE- III	진동제어 (소규모)	81~130	51~90	41~70	31~50	21~40	-
TYPE- IV	진동제어 (중규모)	131~230	91~150	71~120	51~90	41~60	10m까지
TYPE- V	일반발파	231~300	151~260	121~200	91~150	61~100	11~40
TYPE- VI	대규모발파	-	261m이상	201m이상	151m이상	101m이상	41m이상



시험발파 실시 및 분석
· 시험발파 계획서작성 · 시험발파 실시 및 진동측정 · 현장 발파진동 추정식 산출 · 이격거리별 지발당장약량 산출



발파설계(현장설계)
· 폭약의 종류 및 지발당장약량 · 뇌관의 종류 및 배열방법 · 이격거리에 따른 발파패턴 설계 · 발파공사 시방서



공사실시
· 계측실시

가. 발파공법 설계적용 순서

- 현장조사를 거쳐 보안시설물(가옥, 상가, 축사, APT 등)에 대한 허용 폭음·진동 규제 기준을 정한다.
- 이격거리는 발파원으로부터 보안물건까지의 사거리를 기준으로 측정하여 적용한다.
- 설계발파진동추정식 $V = 160 \left(\frac{D}{W^{1/2}} \right)^{-1.6}$ 을 이용한 「거리~지발당 장약량 조건표」를 참고하여 보안시설물의 진동기준 및 이격거리에 맞는 지발당장약량을 구하고, 이에 적합한 발파공법을 선정한다.
- 선정된 발파공법은 해당 TYPE(6가지유형)별 표준발파패턴 설계도를 설계도면에 포함하여 제시하며, 발파공법별 수량산출은 수량산출기준을 참고하여 공법별로 각각 발파 수량을 산출하고, 단가적용은 표준폼셈에 의거 발파공법별 표준단가기준을 적용하여 계상한다.
- 발파공사 시행 전에는 반드시 설계적용된 표준발파패턴 공법을 기준으로 하여 시험발파를 시행하여야 하며, 그 결과에 따라 현지 암반별 발파진동추정식(K, n)을 구하여 발파설계를 수정·보완하여 변경한다.
- 시험발파 적용대상은 일반발파, 대발파를 제외한 암파쇄굴착, 정밀진동제어, 진동제어(소규모, 중규모)를 적용한다.
- 시험발파는 보안물건이 있는 경우 4km범위 내에서 1회를 적용하되, 암반특성 및 현장여건에 따라 조정 적용할 수 있다.

나. 설계 발파진동 추정식(설계단계)

- 발파진동식은 시험발파 등을 통하여 결정되는 것이나 설계단계에서는 이러한 절차수행에는 현실적으로 적용하기에는 무리가 있으므로 효율적인 설계추진을 위하여 진동예측을 위한 기준 진동추정식의 결정이 필요하다.
- 설계단계에서 예비검토를 위한 추정식은 아래와 같다.
 - 국내 암발파관련 저서등에서 미광무식으로 $k=160, n=-1.6$ 상수를 널리적용하고 있어 본지침에서 사용하였다.
 - 암발파기법에 관한 연구결과 및 실제 시공사례 등을 종합적으로 검토할때
 - 미 광무국에서 10년간 채석장을 계측하여 제시한 미국 광무국식(USBM)의 적용하여 국내현장에 적합하도록 보완하였다.
- 발파규모는 「진동·폭음 영향권」 분석에 의해 설정하며, 설계시에 적용하는 발파진동식은 아래의 진동추정식을 기준으로 한다.

$$V = 160 \left(\frac{D}{\sqrt{W}} \right)^{-1.6}$$

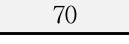
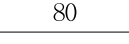
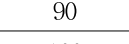
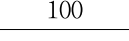
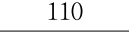
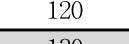
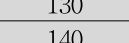
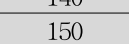
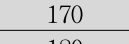
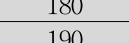
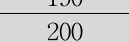
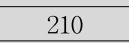
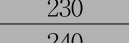
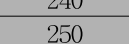
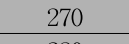
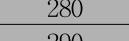
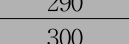
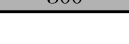
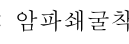
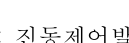
여기서, V : 예상진동속도 (cm/sec)

D : 폭원에서의 이격거리 (m)

W : 지발당 장약량 (kg/delay)

【거리~지발당 장약량 조건표】

단 위 : kg/delay

적용공법	이격거리(m) 적용대상	0.1 kine 가축류등	0.2 kine 문화재	0.3 kine 가옥(조적)	0.5 kine 가옥(RC조)	1.0 kine 공업용건물	5.0 kine 철골구조	적용공법
TYPE I 암파쇄굴착공법		0.01	0.02	0.04	0.07	0.18	1.31	TYPE VI 대발파
		0.04	0.09	0.16	0.30	0.70	5.26	
		0.09	0.21	0.35	0.66	1.58	11.83	
		0.16	0.38	0.62	1.18	2.81	21.02	
TYPE II 정밀진동제어발파		0.25	0.59	0.98	1.85	4.39	32.85	
		0.36	0.85	1.40	2.66	6.33	47.30	
		0.48	1.15	1.91	3.62	8.61	64.38	
TYPE III 진동제어(소규모)		0.63	1.50	2.50	4.73	11.25	84.09	
		0.80	1.90	3.16	5.98	14.23	106.43	
		0.99	2.35	3.90	7.39	17.57	131.39	
		1.20	2.84	4.72	8.94	21.26	158.98	
		1.42	3.38	5.62	10.64	25.31	189.20	
TYPE IV 진동제어(중규모)		1.67	3.97	6.59	12.49	29.70	222.05	
		1.94	4.61	7.65	14.48	34.44	257.52	
		2.22	5.29	8.78	16.62	39.54	295.63	
		2.53	6.02	9.99	18.91	44.99	336.36	
		2.86	6.79	11.28	21.35	50.79	379.72	
		3.20	7.62	12.64	23.94	56.94	425.70	
		3.57	8.48	14.09	26.67	63.44	474.32	
		3.95	9.40	15.61	29.55	70.29	525.56	
		4.36	10.37	17.21	32.58	77.50	579.43	
		4.78	11.38	18.88	35.76	85.05	635.93	
TYPE V 일반발파		5.23	12.43	20.64	39.09	92.96	695.05	
		5.69	13.54	22.47	42.56	101.22	756.81	
		6.18	14.69	24.39	46.18	109.83	821.19	
		6.68	15.89	26.38	49.95	118.79	888.20	
		7.20	17.13	28.44	53.86	128.11	957.83	
		7.75	18.43	30.59	57.93	137.77	1,030.10	
		8.31	19.77	32.81	62.14	147.79	1,104.99	
		8.89	21.15	35.12	66.50	158.16	1,182.51	
 : 암파쇄굴착공법  : 정밀진동제어발파  : 진동제어발파(소규모)  : 진동제어발파(중규모)  : 일반발파  : 대발파								

【주】

1. 위 발파공법별 적용거리 기준 및 지발당 장약량은 발파진동추정식(설계단계) $V=160(D/W^1)^{-1.6}$ 에 의하여 설정한 것으로 발파 대상 현장의 암반특성 및 관리 대상 보안물건의 특성에 따라 증·감될 수 있다.
2. 폭음 및 폭풍압의 제어는 지반진동보다 훨씬 어려우므로 만약, 폭음에 민감한 가축사육시설 또는 요양원, 종교시설 등이 근접한 경우에는 별도 적용할 수 있다.
3. TYPE별 공법 설계는 상기기준에 맞게 하되 현장여건에 따라 조정할 수 있다.
4. 허용진동 기준치는 설계자 및 발파자가 현장조건과 관련법규를 검토하여 정하여야 한다.

다. 발파공법 분류 기준

(1) 표준발파공법별 분류 기준

구 분	특수발파	제 한 발 파			무제한 발파	
	TYPE I 암파쇄굴착공법	TYPE II 정밀진동제어발파	TYPE III·IV 진동제어발파	TYPE V 일반발파	TYPE VI 대규모 발파	
공법개요	특수화공품인 “미진동파쇄기”를 사용하는 공법으로 대형 브레이카에 의한 2차파쇄를 실시하는 공법	소량의 폭약으로 암반에 균열을 발생시킨 후, 대형 브레이커에 의한 2차 파쇄를 실시하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 존재하는 경우 “시험발파” 결과에 의해 발파설계를 실시하여 규제기준을 준수할 수 있는 공법		1공당 최대 장약량이 발파규제기준을 충족시킬 수 있을 만큼 보안물건과 이격된 영역에 대해 적용하는 공법	발파영향권 내에 보안물건이 전혀 존재하지 않는 산간오지 등에서 발파효율만을 고려하는 공법
사용폭약 및 화공품	미진동파쇄기	에멀전 계열 폭약	에멀전 계열 폭약		에멀전 계열 폭약	주폭약：초유폭약 기폭약：에멀전
						
천공직경	φ 51mm 이내	φ 51mm 이내	소규모 φ 51mm 이내	중규모 φ 76mm	φ 76mm	φ 76mm 이상
천공장비	 또는 					
	※ 공기압축기식 크로울러 드릴 또는 유압식 크로울러 드릴 선택 사용					
사용 비트						
◆발파패턴◆	암파쇄굴착공법	정밀진동제어발파	진동제어발파 소규모 중규모		일반발파	대규모 발파
천공깊이(m)	1.5	2.0	2.7	3.2	5.7	11.5
최소저항선(m)	0.7	0.8	1.0	1.4	1.7	2.2
천공간격(m)	0.7	0.8	1.20	1.6	1.9	2.5
파쇄 정도	균열만 발생 (보통암 이하)	파쇄 + 균열	파쇄 + 균열		파쇄 + 대괴	파쇄 + 대괴
계측관리	필 수	필 수	필 수		선 택	불 필 요
발파보호공	필 수	필 수	필 수		불 필 요	불 필 요
2차 파쇄	대형브레이커 적용.	대형브레이커 적용.	-		-	-

※ 천공깊이, 최소저항선, 천공간격 치수는 평균값이고 공사시행전에는 시험발파에 따라 현장별로 적용할 것.

(2) 표준발파공법 패턴별 특성

Type	명칭	허용 지발당 장약량 (kg/delay)	발파제원 (m)	천공경 (m/m)	공당파쇄량 (m ³ /공)	사용폭약
I	암파쇄굴착공법	0.18	0.7×0.7×1.5	ø51이내	0.637 이내	미진동파쇄기, 프라즈마 등
II	정밀진동제어발파공법	0.32	0.8×0.8×2.0	ø51이내	1.28	에멜전 폭약 (φ 25~32mm)
III	진동제어(소규모) 발파공법	1.0	1.0×1.2×2.7	ø51이내	2.88	(φ 32mm)
IV	진동제어(중규모) 발파공법	2.0	1.4×1.6×3.2	ø76	5.824	" (φ 50mm)
V	일반발파	5.0	1.7×1.9×5.7	ø76	15.5	" (φ 50mm)
VI	대규모발파	20.0	2.2×2.5×11.5	ø76 이상	55.0	주폭약 : ANFO, 기폭약 : 에멜전 폭약

※ 공당파쇄량은 평균값임.

【주】

1. 허용 지발당 장약량 기준은 설계발파진동추정식 $V=k(D/W^b)^n$ 에 의한 “거리~지발당 장약량” 조건표 기준임. (진동상수 $k = 160$, $n = -1.60$, $b=1/2$)
2. 발파대상 암반의 강도 및 지형특성 등에 따라 허용지발당 장약량과 천공제원은 변동될 수 있다.
3. 미진동파쇄기와 프라즈마, 전력 충격파쇄공법 등은 진동전파 특성에 따라 일반폭약과는 상이하므로 시험시공에 의해 지발당장약량과 천공패턴을 설정할 것.
4. 장소가 협소하거나 현장여건상 크롤러드릴의 사용이 곤란한 장소에서는 착암기를 사용한 발파공법을 적용할 수 있다.

(3) 표준발파공법 및 진동규제기준별 적용되는 이격거리(m)

단위 : cm/sec, kine

TYPE	발파공법	V=0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	5.0	비고
I	암파쇄굴착공법	50m까지	40m까지	25m까지	20m까지	-	-	
II	정밀진동제어발파	51~80	41~50	26~40	21~30	20m까지	-	
III	진동제어(소규모)	81~130	51~90	41~70	31~50	21~40	-	
IV	진동제어(중규모)	131~230	91~150	71~120	51~90	41~60	10m까지	
V	일반발파	231~300	151~260	121~200	91~150	61~100	11~40	
VI	대규모발파	-	261m이상	201m이상	151m이상	101m이상	41m이상	

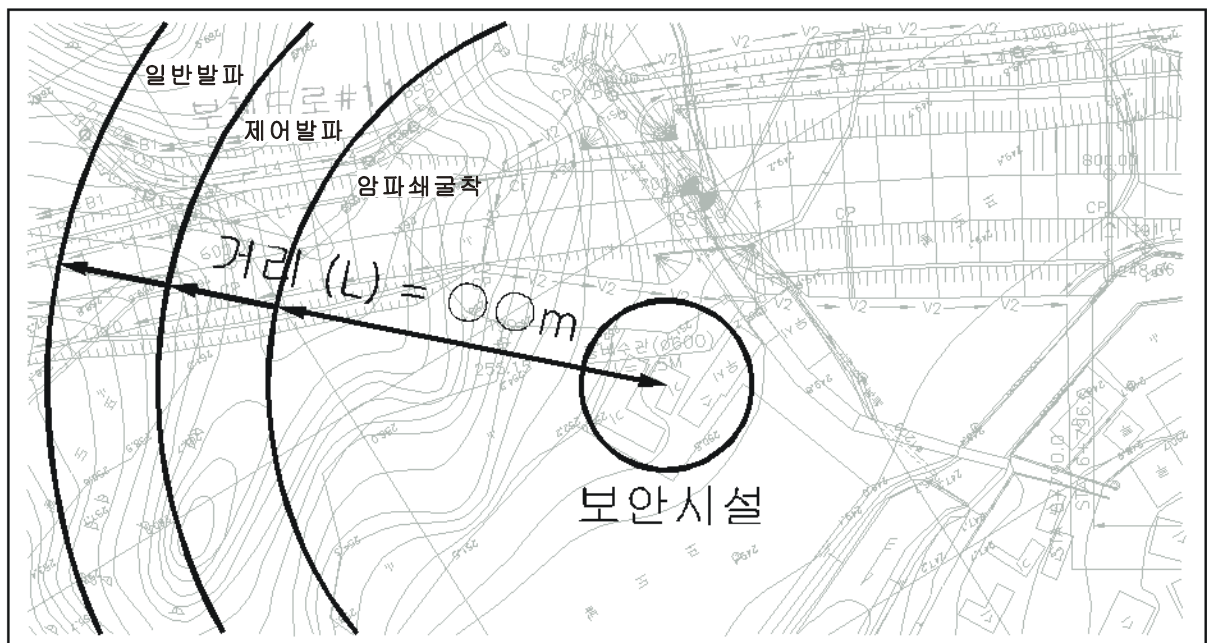
3. 수량산출 기준

가. 일반기준

- 암발파 각기부 비탈면 경사는 비탈면 안정검토 결과에 따라 적용하며, 공사의 효율성과 민원발생 방지를 위하여 발파원에서부터 보안물건까지의 사거리 기준으로 산출한다.
- 진동 허용속도와 각 보안물건과 이격거리를 고려하여 적용공법을 선정하고, 공사시행 시 시험발파를 실시하여 지반 진동상수 및 지발당 허용 장약량을 결정한 후 지발당 허용 장약량을 감안하여 발파공법의 적용구간을 조정·적용할 수 있다.
 - 천공제원
 - 진동허용 기준치
 - 지발당 허용 장약량
 - 발파원에서 보안물건까지의 사거리
 - 적용 발파공법 등
- 표준발파 TYPE별 공법
 - 암파쇄 굴착공법
 - 정밀진동제어 발파공법
 - 진동제어(소규모) 발파공법
 - 진동제어(중규모) 발파공법
 - 일반발파공법
 - 대발파공법

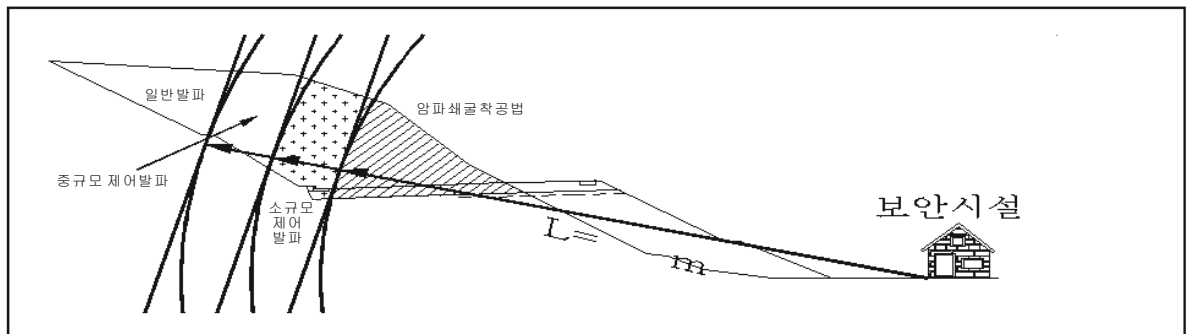
나. 평면도 및 횡단면도상 수량산출 방법(“예”)

1). 평면도상(○○~○○ 도로건설공사 STA.6+700지점 우측)



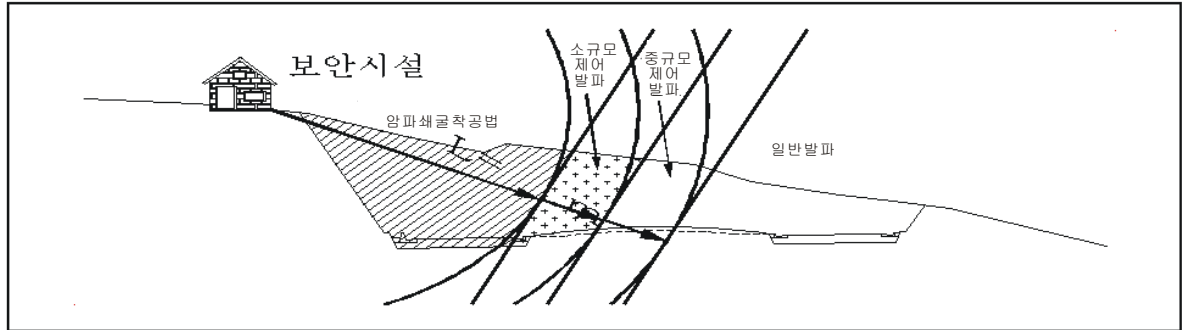
2). 횡단면도상

(가) 보안시설이 낮은 지역인 경우



- ① 평면도상 발파공법별 기준에 따른 이격거리를 산출하여 횡단면도에 원호를 그린다.
- ② 원의 외접선과 맞는 직선을 그린다
- ③ 직선으로 그은 선에서 원호 중심선 방향까지의 암발파량(TYPE별)을 산출한다.
- ④ 발파공법별 수량을 각각 산출한다.

(나) 보안시설이 높은 지역일 경우



- ① 평면도상 발파공법별 기준에 따른 이격거리를 산출하여 횡단면도에 원호를 그린다.
- ② 원의 외접선에 맞는 직선을 그린다.
- ③ 직선으로 그은 선에서 원호 중심선 방향까지의 암발파량(TYPE별)을 산출한다.
- ④ 발파공법별 수량을 각각 산출한다.

다. 유의사항

- 1) 도로 건설공사의 발파공법은 보안물건으로부터 폭음, 진동, 비석등의 환경공해 및 민원발생의 원인이 되므로 환경공해를 저감 시킬 수 있도록 현지여건을 고려한 시공성, 경제성, 안전성등을 감안하여 적절한 발파공법을 선정한다.
- 2) 공사시에는 시험발파에서 제시된 천공간격, 지발당 허용장약량, 발파패턴도 등에 따라 발파공사를 시행하여야 하며, 계측관리도 철저히 시행하여야 한다. (단, 설계시 방법이 시험발파를 통하여 변경될 경우 발주청과 협의하여 설계변경을 하여야 한다)

4. 표준발파공법 요약 및 개략 단가 산출표

구	분	단 위	발파 설계 결과 제원					
			TYPE 1 암 파 쇄 굴 착공법	TYPE 2 정밀진동 제어발파	TYPE 3 진동 제어 발 파 (소규모)	TYPE 4 진동 제어 발 파 (중규모)	TYPE 5 일반발파	TYPE 6 대규모발파
①	지발당 허용 장약량	kg/ delay	0.25이하	0.25~0.50	0.51~1.59	1.60~4.99	5.0~14.99	15.0이상
②	적용굴착공법		미진동파쇄기 + 대형브레이커	정밀제어발파 + 대형브레이커	제어발파	제어발파	일반발파	일반발파
③	천공장비		크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴	크롤러드릴
④	천공직경	mm	φ 51mm이내	φ 51mm이내	φ 51mm이내	φ 76mm	φ 76mm	φ 76mm이상
⑤	계단 높이	m	1.30	-	2.4	2.6	4.8	10.0
⑥	천 공 장	m	1.50	2.0	2.7	3.2	5.7	11.5
⑦	최소 저항선	m	0.70	0.8	1.0	1.4	1.7	2.2
⑧	천공간격	m	0.70	0.8	1.2	1.6	1.9	2.5
⑨	공당 장약량	kg/공	0.180 (미진동파쇄기)	0.32 (에멀전폭약)	1.0 (에멀전폭약)	2.0 (에멀전폭약)	5.0 (에멀전폭약)	20.0 (초유폭약)
⑩	비천공장	m/m³	2.355	1.56	0.94	0.55	0.37	0.21
⑪	비장약량	kg/m³	0.283	0.24	0.35	0.34	0.32	0.36
⑫	비뇌관량	ea/m³	-	0.78	0.35	0.17	0.06	0.02
⑬	공당 파쇄량	m³/공	0.637	1.28	2.88	5.824	15.5	55.0
	개략 설계단가	원/m³	37,709	24,748	17,077	11,243	9,202	7,526

【주】

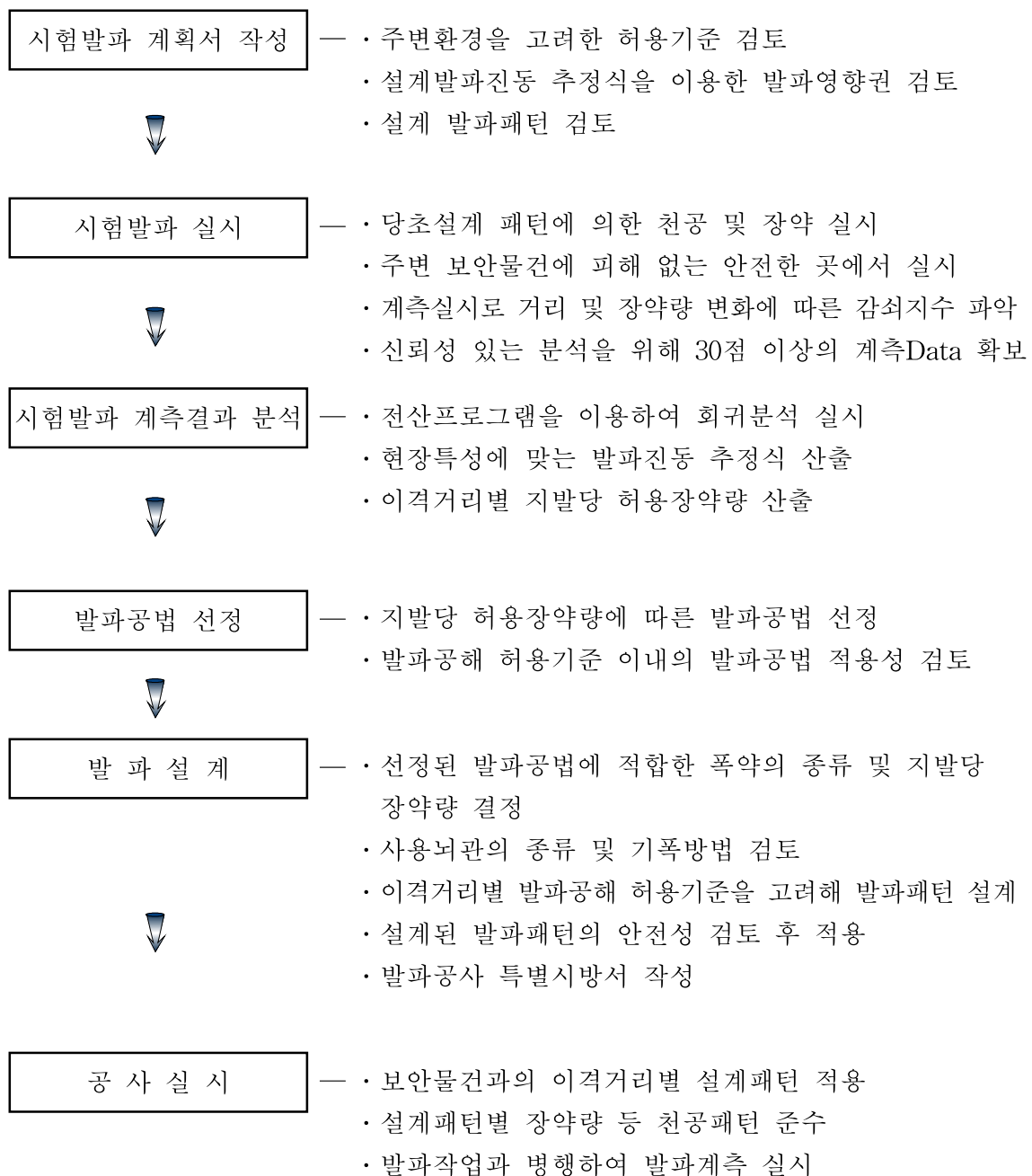
1. 위 발파패턴은 설계발파진동추정식 $V=k(D/W^b)^n$ 을 기초로 하여 산정한 “거리~지발당 장약량” 조건표에 의해 각 발파공법별 평균치를 적용한 것임. (진동상수 $k = 160$, $n = -1.6$, $b = 1/2$, 진동관리기준 0.3cm/sec)
2. 위 발파패턴은 개략 공사비를 산출하기 위한 것으로 참고용이므로 시험발파를 실시하여 발파패턴을 확정후 표준품셈에 의거 공사비를 산출할 수 있다.
3. 시험발파 결과는 감독원의 승인을 받아 시행할 것.
4. 화약류 단가는 대리점 단가를 기준으로 하였음. (2002. 01. 01 기준)
5. 미진동파쇄기와 프라즈마 등의 파쇄공법은 진동감쇠 특성이 일반폭약과는 상이하므로 시험발파에 의해 지발당 장약량과 천공패턴을 설정한다.
6. 정밀진동제어발파공법 공당장약량 0.5kg 이하로 적용

5. 시험발파에 의한 발파설계

1) 시험발파 실시목적

- 실시 설계한 발파공법을 적용하여 현장의 지반조건 및 지형적 특성에 맞는 현장 발파진동 추정식을 산출하는데 목적이 있으며, 이를 근거로 이격거리별 지발당 허용장약량을 산출하여 발파공법 적용구간 설정 및 발파패턴을 설계하는 자료로 활용한다.
- 시험발파 적용대상은 일반발파, 대발파를 제외한 암파쇄, 정밀진동, 진동제어(소규모, 중규모) 발파를 적용한다.
- 시험발파는 보안시설물이 있는 경우 4km범위내에서 1회를 적용하되, 암반특성 및 현장여건에 따라 조정 적용할수 있다.

2) 시험발파에 의한 발파설계 과정



3) 시험발파에 의한 ○○현장 발파설계 적용 사례 (예)

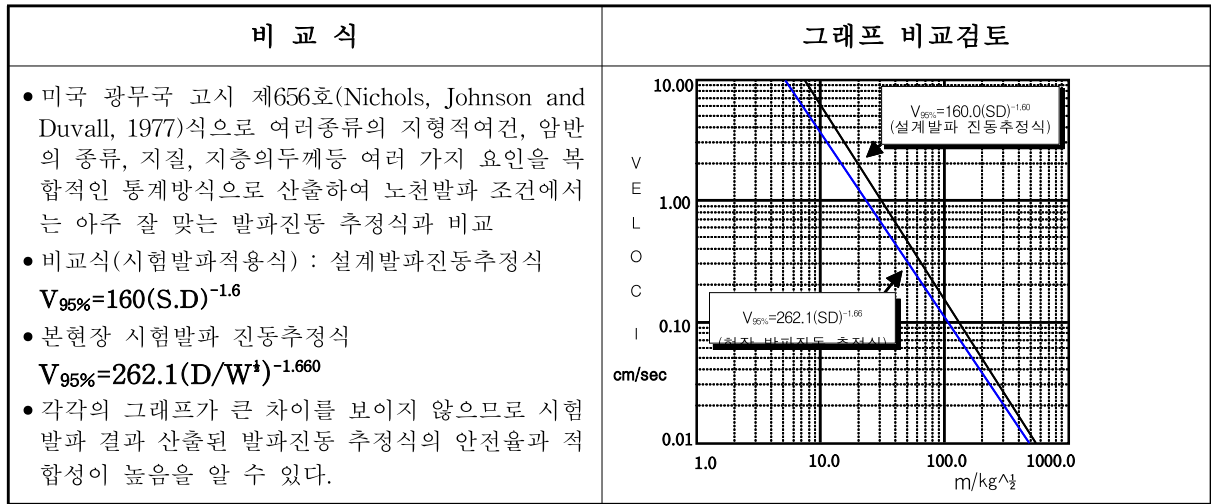
(1) 시험발파 내용

발파순서 구분	진동제어발파				비 고
	TYPE- I	TYPE- II	TYPE- III	TYPE- IV	
	1,2회	3,4회	5,6회	7,8회	
천공장비	Crawler Drill	Crawler Drill	Crawler Drill	Crawler Drill	
천공구경	φ 45mm	φ 45mm	φ 45mm	φ 45mm	
사용폭약	에멀전폭약	에멀전폭약	에멀전폭약	에멀전폭약	
사용너관	MS#0~#4	MS#0~#4	MS#1~#4	MS#0~#4	전기너관
천공장(m)	2.1	2.5	2.7	2.7	
최소저항선(m)	0.7	1.0	1.0	1.2	
천공간격(m)	1.0	1.0	1.2	1.2	
공당장약량 (kg/Hole)	0.5	0.75	1.0	1.125	
지발당장약량 (kg/delay)	0.5	0.75	1.0	1.125	

(2) 현장 발파진동 추정식 산출

구 분	제곱근식:장약지수(b)가 1/2일 때 (Square Root Scaled Distance)	세곱근식:장약지수(b)가 1/3일 때 (Cube Root Scaled Distance)
발파진동 추정식	$V_{95\%}=262.1(D/W^{1/2})^{-1.660}$	$V_{95\%}=291.3(D/W^{1/3})^{-1.707}$
적합도	R=0.980	R=0.979
회귀분석 그래프		
선정	- 시험발파 계측치 32측점을 얻어 회귀분석 프로그램을 이용하여 분석 - 시험발파 결과로부터 도출된 현장 발파진동 추정식중 적합도가 높은 제곱근 발파진동 추정식을 본 구간의 발파진동 추정식으로 선정함 - 현장 적용 발파진동 추정식 $V_{95\%}=262.1(D/W^{1/2})^{-1.660}$	

(3) 경험식과 비교검토



(4) 이격거리별 지발당 허용장약량에 따른 발파공법 선정

설계발파 진동추정식에 의해 적용된 장약량별 굴착공법 적용구간을 현장 시험발파결과 산출된 현장 발파진동추정식에 의한 이격거리별 지발당 허용장약량에 따라 구분하면 다음 표와 같이 변화됨을 알 수 있다.(허용기준 $V=0.3\text{cm/sec}$ 의 경우)

구 분	설계발파 진동추정식 $V=160(D/W^*)^{-1.6}$		현장 시험발파 진동추정식 $V=262.1(D/W^*)^{-1.660}$	
	가옥(조적조)기준	굴착공법 구분	가옥(조적조)기준	굴착공법 구분
이격거리(m)				
10	0.04	암파쇄 굴착공법	0.03	암파쇄 굴착공법
20	0.16		0.11	
30	0.35	정밀진동제어발파	0.26	정밀진동제어발파
40	0.62	진동제어발파 (소규모)	0.46	
50	0.98		0.71	진동제어발파 (소규모)
60	1.40		1.03	
70	1.91	진동제어발파 (중규모)	1.40	진동제어발파 (중규모)
80	2.50		1.83	
90	3.16		2.31	
100	3.90		2.86	
110	4.72	일반발파	3.46	일반발파
120	5.62		4.11	
130	6.59		4.83	
140	7.65		5.60	
150	8.78		6.43	
160	9.79		7.31	
170	11.28	대발파	8.26	대발파
180	12.64		9.26	
190	14.09		10.31	
200	15.61		11.43	
210	17.21		12.60	
220	18.88		13.83	
230	20.64		15.11	
240	22.47		16.46	
300	35.12		25.71	

(5) 당초설계 대비 시험발파 결과에 따른 굴착공법 적용구간 비교

거리(m) 구분																
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	이상
당초설계기준 굴착공법구분	암파쇄 굴착공법	정밀진 동제어 발파	진동제어 발파 (소규모)	진동제어발파 (중규모)	일반발파						대발파					
시험발파결과 에 의한 굴착 공법 구분	암파쇄 굴착공법	정밀진 동제어 발파	진동제어 발파 (소규모)	진동제어발파 (중규모)	일반발파						대발파					

(6) 현장적용 발파공법 선정

상기 검토된 내용에 따라 다음 사항을 고려해 암발파 공법을 선정

- ① 암발파 공법 구역과 보안물건과의 이격거리
- ② 주변환경 조건을 고려한 발파공해(진동 · 폭음 · 비석등) 제어능력
- ③ 이격거리별 지발당 허용장약량
- ④ 현장 시험발파에 따른 이격거리별 발파공법 적용구간은 다음 표와 같다.

거리(m) 구분																
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	이상
굴착공법 변경(안)	암파쇄 굴착공법	정밀진 동제어 발파	진동제어 발파 (소규모)	진동제어발파 (중규모)	일반발파						대발파					

(7) 발파패턴 설계

현장 시험발파에 따른 발파공법 선정 후 이격거리에 따른 지발당 허용장약량 범위내에서 발파패턴을 설계한 후 본 공사에 적용

4) 단가 산출 방법

- (1) 실시설계 단계에서 단가산출은 건설표준품셈에 의거 발파규모 범위내에서 품을 적용하는 기준으로 한다.
- (2) 시험발파에 의한 정산 방법은 진동영향 곡선에 따라 발파공법의 수량만을 정산한다.

2. 특별 시방서

가. 일반사항

1.1.1 적용범위

- 본 시방은 설계도서에 의해 확정된 선형, 경사, 치수와 시방서 규정에 부합되도록 발파암을 절취하는 공사에 적용한다.
- 암발파 작업중 또는 완료후에 공사비 산정을 위하여 지층을 분류할 필요가 있는 경우 수급인은 관련 자료를 첨부하여 감독원에게 확인 요청을 하고 발주청의 장이 임명한 암판정위원회 공동조사 결과에 의하여 지층경계선을 확정하여야 한다.
- 암발파공법(노천발파)은 설계도서에 의한 일반발파, 제어발파, 정밀진동제어발파, 암과쇄 굴착발파로 구분되며, 이에 따른 발파패턴 기준을 정하고, 시험발파를 통하여 감독원에게 승인을 득한후 공사 시행이 되도록 하여야 한다.

1.2 참조규격

해당사항 없음.

1.3 제출문

1.3.1 본 시방서는 공사시방서 1-2-4절 1.3에 따라 본 절의 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 다음사항을 추가로 제출하여야 한다.

- (1) 공사시행시 암 발파 패턴에 대한 공법선정과 시험발파 계획서를 제출하여야 한다.
- (2) 발파원으로부터 인접되어 있는 구조물(가옥, 건축물), 주민, 가축, 양어장 등 피해가 예상되거나 감독원의 요구가 있을 때 진동 및 폭음피해방지계획서를 제출하여야 한다.
- (3) 비탈면의 기울기 조정이 필요한 경우 비탈면 안정분석 및 대책 검토서를 발주청에 제출하여야 한다.

나. 재 료

해당사항 없음

다. 시 공

3.1 시공일반

3.1.1 높은각기 구간 시공을 위하여 설계도서에 확인시추를 명시한 구간에 대해서는 공사 전 확인시추를 실시하여야 하며, 비탈면의 설계경사와 편입용지구입 등을 비교, 검토한 후 흙각기 작업을 하여야 한다.

3.1.2 흙각기하는 장소에는 지표수 및 용출수가 고이지 않도록 적절한 방법으로 배수처리를 하여야 한다. 특히 노상 마무리 작업시에는 빗물이나 지하수가 노상부에 침투할 가능성이 많으므로 설계도서에 따라 측구 등의 배수시설을 설치하여야 한다.

3.1.3 수급인은 흙각기 작업시 비탈면의 기울기를 설계도서에 따라 시공하여야 한다. 다만, 흙각기작업이 진행되는 과정에서 설계시 예상하지 못한 지층의 변화와 절리, 단

층 등의 불연속면 발달, 지하수의 용출 등이 확인된 구간이나 비탈면이 불안정한 경우에는 비탈면안정분석 및 대책검토서를 제출하여 발주청의 승인을 받은 후 비탈면의 기울기를 조정할 수 있다.

- 3.1.4 건설공사의 발파공법은 발파원 영향으로부터 폭음, 진동, 비석 등의 환경공해 및 민원발생의 원인이 되므로 환경공해를 저감시킬 수 있는 적정 암발파공법을 적용하고 시공시 시험발파를 통하여 감독원의 승인을 득한후 시행하여 조정할 수 있다.

3.2 발파계획

- 3.2.1 굴착에 앞서 암질, 예상되는 발파결과 등에 의한 천공장, 천공배치, 화약의 종류, 지발당허용 장약량 등의 발파계획을 세워 시공관리가 되도록 한다.
- 3.2.2 발파작업에 있어서는 지질, 암의 경연정도 등에 따라 화약량을 조정 검토하여야 한다.
- 3.2.3 발파계획에 있어서는 주변의 환경에 주는 영향을 고려하고 필요한 경우에는 대책을 강구하여야 한다.
- 3.2.4 발파로 인해 노상면의 재료가 이완되었을 때는 승인된 재료로 치환한 후 기준에 맞는 다짐을 실시해야 하며, 허용치를 벗어난 비탈면의 요철은 발주청과 협의하여 조정·적용한다.

3.3 천 공

- 3.3.1 천공은 미리 정해진 천공배치에 의해서 위치, 방향, 깊이 등에 맞추어 정확하게 시공하여야 한다.
- 3.3.2 천공 시에는 폭발된 폭약유무에 주의하여야 하며, 기존잔여공에 천공하는 일이 없어야 한다.

3.4 장 약

- 3.4.1 장약은 미리 정해진 발파패턴에 따라 안전하게 시행되도록 한다.
- 3.4.2 전기뇌관을 사용하는 경우에는 미주전류, 누설전류 등에 충분히 주의하여야 한다.
- 3.4.3 화약류의 운반은 소정의 용기, 방법에 의하여 이루어져야 한다.

3.5 발 파

- 3.5.1 발파 작업은 발파책임자의 지휘하에 시행되어야 하며, 그 책임자는 작업원의 대피를 확인한 후에 시행하여야 하며, 또한 방호대책을 강구하여야 한다.
- 3.5.2 발파후는 적당한 시간이 경과한 후가 아니면 발파장소에 접근하여서는 안된다.
- 3.5.3 불발된 잔류폭약의 유무는 필히 점검하여 필요한 조치를 강구하여야 한다.
- 3.5.4 매 발파시에는 발파진동속도에 대한 계측이 자동기록 가능한 측정계기를 설치하여야 한다.
- 3.5.5 발파장소가 밀집지역, 기존구조물, 공공시설물, 도로 등과의 거리가 가까울 경우 비석에 대한 방호는 물론, 기존 구조물 등에 대한 사전조사를 하여 방호 조치를 세우고 발파작업을 시행하여야 한다.
- 3.5.6 발파로 인하여 인근의 기존 시설물 또는 주민들에게 진동 또는 폭음으로 인한 피해

와 이로 인한 민원발생이 예상되는 경우에는 적절한 진동감소공법을 적용하도록 검토하여 감독원의 승인을 얻은 후 시험발파를 통해 시행하여야 한다.

3.5.7 발파기의 최대전류는 발파 뇌관수에 충분토록 하고 사전 점검을 하여야 한다.

3.5.8 용수발생 구간의 발파시 누전으로 인한 잔약에 주의하여 시공하여야 한다.

3.5.9 강우, 낙뢰시에는 기존 장약을 즉시 발파하며 작업을 중단하고 화약등을 화약취급소에 안전하게 입고시킨다.

3.6 발파영향 규제 및 계측관리

3.6.1 시공자는 발파작업으로 인접구조물 등에 손상을 입히지 않도록 시공하여야 하며 각 보안물건의 진동속도 기준은 설계 적용기준에 의거 폭음·진동 규제치를 초과하지 않도록 하여야 한다.

3.6.2 발파폭음 및 진동의 계측관리

- (1) 발파원 주변의 지장물에 의해 계측관리를 하고자 할 때에는 동일 지발당 허용 장약량이라 하더라도 작업조건에 따라 자유면의 수, 천공 및 장약의 정확성, 발파패턴 등에 따라 진동치는 큰 폭으로 증감되므로 세심하게 발파작업을 시행하도록 관리를 철저히 시행하여야 한다.
- (2) 진동 및 폭음의 계측은 매 발파패턴마다 실시하도록 하고 가급적이면 발파폭음은 음압레벨(dBL)과 폭음레벨(dBA)을 번갈아 가며 측정하도록 한다.
- (3) 매 발파시마다 계측된 자료를 적절한 기간을 주기로 취합한 다음 회귀분석 내지 기타 다른 방법을 이용하여 추후 발파진동의 예측에 수정·보완후 감독원과 협의해 적용하도록 한다.
- (4) 계측기의 센서(Geophone, Microphone)는 가급적 단단하게 고정시키고 장비에 누수가 일어나지 않도록 하고 진동의 계측은 발파방향과 지장물 등을 고려하여 여러 장소에서 번갈아 가며 측정을 실시한다.
- (5) 발파로 인한 비석 및 민원이 예상되는 지역은 방음 및 폭음방지벽을 설치하여 폭음의 전파를 최소화한다.
- (6) 발파폭음은 발파진동과는 달리 지형, 풍향, 기온등의 변화에 민감하게 반응하므로 사전에 충분히 고려하여 계측작업을 실시하고 측정된 계측자료는 발파횟수별 발파시간과 일자별로 기록·정리하여 보관한다.

3.7 시험발파 시행방법

3.7.1 시험발파의 목적은 발파에 의해 발생하는 지반진동의 수준이 지질 및 암반의 강도, 발파방법, 화약의 종류, 기폭방법 등에 따라 변화되기 때문에 절취개소의 현지 암반을 대상으로 장약량과 천공 규모를 달리하여 발파를 시행함으로써 파쇄효과 및 공해발생정도(지반진동, 폭음, 비석등)를 분석하여 안전한 발파패턴을 계획하는데 있다.

3.7.2 시험발파 수행 계획은 관련 분야에 대한 지식과 경험을 가지고 있는 기술자에 의해 작성되어야 하며, 다음 사항의 내용이 포함되어야 한다.

- (1) 사용 화약류의 종류 및 특성

- (2) 지발당 장약량
- (3) 기폭 방법 및 뇌관의 종류
- (4) 주변 보안물건에 대한 상황 조사 내용 및 폭원과 측정과의 이격거리
- (5) 천공제원 (천공구경, 천공깊이, 최소저항선, 공간거리, 천공각도 등)
- (6) 장약제원 (사용폭약, 폭약직경, 공당 장약량, 지발당 장약량, 전색길이 등)
- (7) 계측계획 (동원 계측기 종류, 형식 및 소요 대수, 설치위치 등)
- (8) 예상공해 수준 (진동 및 폭음, 폭풍압, 비석 도달거리 등)
- (9) 해당 지역 발파공해 규제 기준
- (10) 안전대책 (발파보호공, 경계원 배치, 차량 통제 계획 등)

3.7.3 시험발파 시행에 앞서 대상 암반의 강도 특성 뿐만 아니라 불연속면(절리등)에 대해서 조사하여야 하며 다음과 같은 방법을 적용할 수 있다.

- (1) 경험적으로 육안을 통한 추정 (지질해머에 의한 타격시험)
- (2) 슈미트 해머를 이용한 암반 강도의 추정
- (3) 점하중 강도를 이용한 암석 강도의 추정
- (4) 실내 암석 실험을 통한 암석의 강도 산출

3.7.4 시험발파 대상 지역 주변에 발파공해에 의한 영향을 받을 것으로 예상되는 물건이 존재할 경우 사전에 이들의 특성을 조사하여야 하며, 대상은 다음과 같다.

발파 위치	보 안 시 설 물
도 심 지 발 파	주거 지역, 학교, 병원, 종교 시설, 첨단 시설물, 도로, 지하철, 철도, 상하수도 및 가스관 매설 위치, 교량, 등
도심외곽지 발파	주거지역, 도로, 철도, 암반 및 토사면, 종교시설 및 요양 시설, 축사 및 양식장, 고압 송전탑, 교량 등

3.7.5 시험발파의 위치선정은 인접시설물과의 이격거리는 50m이상 확보된 곳을 대상으로 실시한다. 단, 관련 전문가에 의한 사전 조사 및 적용 시험발파 설계를 수행한 경우에는 이격거리를 조정할 수 있다.

시험발파는 발파 대상장소에서 보안물건과의 이격거리가 충분히 확보된 경우에는 실제 시공발파시 적용할 발파패턴을 바탕으로 실시하고, 만약 이격거리가 짧은 경우에는 발파규모를 축소시켜 진동의 거리감쇠 경향을 파악하도록 한다.

3.7.6 시험발파시 사용하는 진동계측기는 반드시 발파진동 측정전용 계측기를 사용하여야 하며, 다음과 같은 성능을 가지고 있어야 한다.

- (1) 발파진동측정기는 그 성능이 보증기간 내에 있는 것을 사용하여야 하며 진동속도

- (cm/sec) 및 주파수를 측정할 수 있는 것이어야 한다.
- (2) 발파진동측정기는 3방향(수직, 진행, 접선방향)의 진동속도를 측정할 수 있는 성능을 구비한 것을 사용하여야 한다.
 - (3) 계측된 결과는 자체 프린터 또는 외부 컴퓨터를 이용하여 출력할 수 있는 성능을 구비한 것이어야 한다.
 - (4) 계측 자료는 영구보존이 가능한 “컴퓨터 파일(File)” 상태로 보관할 수 있어야 한다.
- 3.7.7 시험발파 적용 발파패턴은 천공 및 장약량을 각기 달리하여 다양하게 실시하는 것을 원칙으로 하되 단일 발파패턴을 적용할 경우에는 계측거리를 달리하여 다양한 “환산거리(Scaled Distance)”를 획득할 수 있도록 고려하여야 한다.
- 3.7.8 시험발파시에는 최소한 30개 이상의 계측 자료를 획득할 수 있도록 발파회수 및 계측기 동원 대수를 사전에 고려하여야 한다.
- 3.7.9 계측된 자료는 “회귀분석”기법에 의해 통계처리를 하여야 하며, 이때 입력되는 자료는 “각 성분의 최대진동속도(P.P.V : Peak Particle Velocity)”를 기준으로 한다.
- 3.7.10 회귀분석은 “자승근 환산거리” 및 “삼승근 환산거리”에 의해 수행되어야 한다.
- 3.7.11 “거리별 안전 지발당 장약량”을 선정할 때에는 동일 거리에 대해서 “자승근 환산거리” 및 “삼승근 환산거리” 분석에 위해 산출된 장약량중 적은 양을 채택하여 적용한다.
- 3.7.12 발파진동측정기의 센서는 적정한 지반에 설치되어야 하며 잔디밭, 느슨한 땅 등에는 설치하지 아니한다.
- 3.7.13 시험발파시 계측 결과가 허용진동치를 상회할 때에는 발파진동 경감을 위해 별도의 저감대책을 수립하여 발주청에 서면으로 제출하여 승인을 받아 시행하여야 한다.
- 3.7.14 저감대책으로는 저폭속의 폭약 사용, 다단발파 적용, 장약량 제한, 발파방식 변경 및 진동전파 경로의 차단 등의 방법을 활용하여 진동치가 허용 범위 이내가 되도록 조치하여야 한다.
- 3.7.15 시험발파시의 결과 분석은 진동 및 폭음의 측정뿐만 아니라 파쇄암의 집적상태 및 크기, 비석 상황, 굴착률, 대피 발생량 등을 면밀히 관찰 및 기록하여 발주청에 보고하되 필요시 보완 및 개선사항에 대한 대책을 강구하여 시험발파결과보고서를 작성 제출하여야 한다.
- 3.7.16 시험발파결과보고서에는 회귀분석 자료, 본 발파 적용 패턴 및 기술시방 사항이 명시되어야 한다.

3.8 일반발파공법

- 3.8.1 일반발파 적용범위는 보안물건에 대한 폭음·진동 기준치, 이격거리 기준에 따라서 적용한다.
- 3.8.2 발파작업은 완성된 비탈면 또는 노상면의 교란이나 이완 및 여굴을 줄일 수 있도록 천공의 깊이, 간격, 방향, 장약량 조절 등에 세심한 주의를 하여야 한다.
- 3.8.3 천공 및 발파작업은 일정한 자격조건을 구비하고 충분한 경험을 가진 기능공 및 기

술자에 의하여 수행하여야 하며, 각종 구조물, 시설물 및 작업원 등에 대한 안전은 수급인의 책임이며, 화약류의 보관, 운반 및 취급 등은 관련법규를 준수하여야 한다.

- 3.8.4 불발구멍, 잔류화약이 있을 때에는 압축공기 또는 물을 사용하여 뽑아내어야 하며, 빼낼 수 없을 때에는 순폭시키거나 그 구멍으로부터 60cm 이상 떨어진 곳에 천공·발파를 하여 꺼내어야 한다.
- 3.8.5 발파장소가 주거밀집지역, 기존 구조물 및 시설물, 기존도로 등과 거리가 가까울 경우에는 비석에 대한 방호는 물론, 기존 구조물 등에 대한 현장조사를 발파전에 실시하여 안전대책을 수립하고 감독원의 확인을 받은 후 발파를 하여야 한다.
- 3.8.6 일반 발파로 인하여 기존 구조물이나 시설물, 가축 또는 주민들에게 진동 및 폭음으로 인한 피해가 예상되는 경우에 한하여 현장에 적합한 진동 및 폭음피해 방지계획서를 제출하여 감독원의 확인을 받은 후 흠각기 작업을 하여야 한다. 수급인은 발파진동 및 폭음 측정을 실시하여 진동 및 폭음에 의한 주민의 피해를 사전예방하고, 진동 및 폭음측정결과는 발주청에 제출하여야 한다.
- 3.8.7 구조물의 인접지역, 기존도로의 확장부, 민가 등 발파시 진동이나 비석(飛石)에 의하여 안전저해가 우려되는 경우에는 설계도서에 따라 암파쇄 굴착공법, 제어발파공법에 의하여 흠각기를 하여야 한다.
- 3.8.8 일반발파의 천공깊이는 5.7m이상으로 지발당 장약량은 5.0kg이상이다.
- 3.8.9 기타 화약류 취급 및 사용은 관계법령에 따라 시행한다.
- 3.8.10 공사시 발파공법은 발파패턴 및 설계에 따라 시험발파를 시행하여 발주청과 협의하여 변경할 수 있다.
- 3.8.11 천공경은 $\phi 76\text{mm}$ 을 적용하도록 한다.

3.9 진동제어발파 공법

- 3.9.1 제어발파 적용범위는 보안물건에 대한 폭음·진동 기준치, 이격거리 기준에 따라서 적용하며, 공법은 정밀진동제어발파, 소규모 제어발파, 중규모 제어발파에 적용할 수 있다.
- 3.9.2 작업준비
 - (1) 발파준비를 할 때에는 발파장소 주변의 지장물과 암반의 지질 구조적 사항을 고려하여 발파범위를 설정하고 방호벽 설치등 안전시설과 벤치면의 형성, 벤치각도, 발파방향, 천공깊이, 공간격 등이 포함된 발파계획을 수립한다.
 - (2) 작업장에 장비를 진입하기 전에 작업조건에 따라 결정한 표준발파패턴을 작업면에 표시한다.
 - (3) 천공장비는 작업장에 견고하게 설치하고 사용동력과 주변장치의 이상 유무를 확인한 후 천공시 사용되는 소모품과 작업도구를 충분히 비치한다.
 - (4) 천공작업전에는 반드시 잔류폭약과 불발공을 검사·제거하고 부석을 안전하게 처리한 후 안전하다고 인정될 때 작업장에 장비를 진입시킨다.
 - (5) 작업장에는 1명 이상의 보조작업자를 두어 소모품의 교체 또는 천공작업시 작업장의 이상유무나 안전작업을 감시할 수 있도록 한다.

(6) 작업장에 투입된 작업원은 안전장구를 필히 착용하도록 한다.

(7) 화약류 취급에 관한 기타 안전사항은 관계 법령에 따른다.

3.9.3 천공 및 장약

(1) 천공작업 전에는 반드시 안전유무를 확인한 후 안전하다고 인정될 때 천공작업을 실시하고 이전에 발파한 구멍에는 다시 천공하지 않는다.

(2) 천공하는 빗트는 작업조건에 따라 설계적용기준에 제시된 공경을 사용하고 천공 후에는 반드시 공내에 남아있는 이물질을 안전한 방법으로 제거한다.

(3) 비탈면의 암막기에 있어서 비탈면 주변은 천공공저가 비탈면의 계획선보다 깊게 천공하지 않으며 비탈면부위의 천공각도는 비탈면의 경사와 같은 방향으로 천공한다.

(4) 이전에 발파된 구멍에는 다시 장약하지 않는다.

(5) 장약전에는 반드시 작업장과 주변암반의 이상유무를 점검하고 누전이 감지될 때에는 장약을 금지시킨다.

(6) 사용뇌관은 전기뇌관을 사용함을 원칙으로 하되 단, 전기적인 위험이 존재할 때는 비전기식 뇌관을 사용할 수 있다.

(7) 전기뇌관 각선의 길이는 천공길이보다 1m이상 긴 것을 사용한다.

(8) 정밀진동제어발파는 지발당 허용장약량은 0.25~0.5kg 범위에서 적절한 발파패턴을 결정한다.

(9) 소규모 제어발파는 지발당 허용장약량은 0.51~1.59kg 범위에서 적절한 발파패턴을 결정한다.

(10) 중규모 제어발파는 지발당 허용장약량은 1.6~4.99kg 범위에서 적절한 발파패턴을 결정한다.

(11) 천공경은 정밀진동제어, 소규모진동제어 발파공법은 $\phi 51\text{mm}$ 이내 적용하고 중규모 제어발파는 $\phi 76\text{mm}$ 를 적용하도록 한다.

3.9.4 발파방법

(1) 발파를 하고자 할 때에는 미리 정한 위험구역안에 감시원을 배치하고 관계인 이외의 인원과 장비의 출입을 금지시키며 발파의 경고를 하는 등 적절한 조치를 취한다.

(2) 발파 전에는 반드시 위험요소를 제거하고 안전한 조치를 취한 후 발파준비를 하되 암발파에서는 천동번개가 있거나 일기가 불순할 때에는 결선하지 않는다.

(3) 뇌관의 결선방법은 직렬결선을 원칙으로 하되 작업조건에 따라 병렬이나 직병렬로 연결할 수 있다. 또한 작업조건에 따라 다단식발파기를 이용하여 전기발파를 할 수 있다.

(4) 각선은 결선부위가 상호 접촉이 되지 않게 견고하게 연결하고 작업장에 물이 감지될 때에는 절연체로 감아주는 것을 원칙으로 한다.

(5) 발파 전에는 반드시 주위의 시설물을 점검 및 보완하고 사람과 장비 등은 안전한 장소에 대피시키며 비석이 발생되지 않도록 충분한 덮개를 하고 매발파마다 덮개의 이상유무를 확인한다.

(6) 결선작업이 완료되었을 때에는 안전한 곳에서 저항측정기를 사용하여 모선, 보조모선, 각선의 단락유무를 확인하고 안전하다고 인정될 때 발파기를 연결하여 화약류취급 책임자가 직접 발파하도록 한다.

(7) 발파에서 발생된 유해가스와 부석이 완전히 제거되지 않은 상태에서는 발파개소

에 인원을 접근시켜서는 안되며 발파개소에 낙반이나 불발 화약류 등 기타 위험 유무를 검사한 후 안전하다고 인정될 때 출입시키되 그렇지 않았을 때에는 안전하게 제거한 후 출입시킨다.

(8) 기타 화약류 취급 및 사용은 관계 법령에 따른다.

3.10 암파쇄 굴착공법

3.10.1 암파쇄 굴착공법 적용 범위는 보안물건에 대한 폭음·진동 기준치에 의거 일반발파 및 제어발파에 적용할 수 없는 지역에 제한적으로 적용한다.

3.10.2 암파쇄굴착공법 종류는 특수화약류(미진동파쇄기), 플라즈마, GAS압, 유압등을 이용한 암파쇄를 총칭한 것으로 현장여건과 암반의 조건등을 고려하여 선정하여야 하며, 시험시공을 실시하여 시공성과 경제성의 평가등 보고서를 발주청에 제출하여야 한다.

3.10.3 암파쇄 굴착공법은 중요시설물 부근에서 암반이나 기본 구조물을 발파하여 파쇄작업을 시행함에 있어 근접한 보안물건을 보호해야 하는 특수한 발파조건이 요망되는 작업에서 종래의 화약 또는 기계사용시에는 폭음, 진동, 비석등의 문제점이 있어 이런 문제점을 해결하여 환경을 보호하고 안전한 작업을 할 수 있는 화약(화공품) 및 기타 파쇄 굴착공법을 말한다.

3.10.4 암파쇄 굴착발파를 위한 천공작업을 시작하기 전에 수급자는 천공의 간격과 깊이, 사용할 화약의 종류, 장약방법 및 점화순서를 표시한 계획서를 발주청에 제출하여야 하며, 수급자는 시험발파 구간을 설정, 천공의 간격과 깊이, 장약등을 변화시키면서 시험을 행하게 하여 가장 합리적이고 안전한 방법을 택하여 발주청의 승인을 받아서 시행하여야 한다.

3.10.5 천 공

(1) 암파쇄 발파시는 제품의 특성상 천공장, 전색장, 최소저항선, 공간격, 장약량을 설계도서에 준하여 시행하고 필히 감독원의 확인을 받아서 발파를 시행한다.

(2) 암파쇄 발파시는 열을 이용한 가스팽창으로 파쇄가 주로 이루어지며, 점화후 파쇄가 종료될 때까지 공경으로부터 가스가 새어나오므로 밀폐가 불완전하면 총구현상이 일어나 비석의 원인이 되고 파쇄효과가 저하하므로 주의를 하면서 시공을 하여야 한다.

(3) 암파쇄 굴착공법의 비장약량은 0.283kg/m^3 범위에서 적용하도록 한다

(4) 천공제원은 $0.7 \times 0.7 \times 1.5\text{m}$ 로 한다.

(5) 천공경

암파쇄 발파시는 약공경이 $\phi 51\text{mm}$ 이내로 하고 Tamping효과, 파쇄효과, 천공능률을 고려하여 비트를 사용하고 암의 성질이나 발파방법을 고려하여 적용한다.

3.10.6 기타 화약류 취급 및 사용은 관계법령에 따른다.

3.10.7 공사시 발파공법은 표준 발파패턴 및 설계 기준으로 하여 현장여건별 시험발파를 시행하여 발주청과 협의하여 변경할 수 있다.

3. 단가 산출서

4. 발파설계 패턴도

4.1 적용 기준

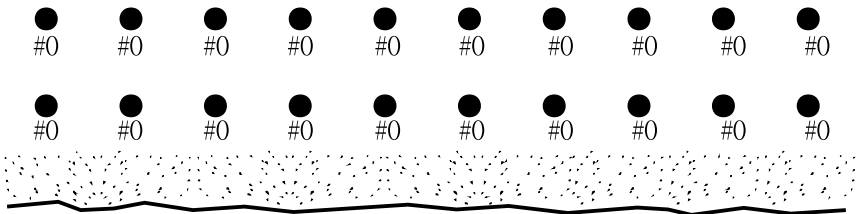
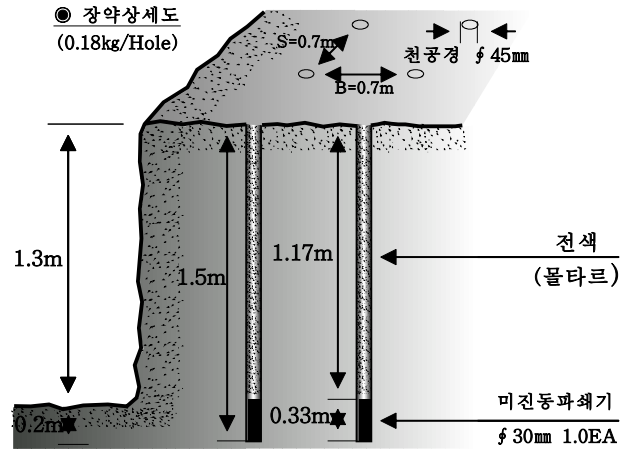
- 표준발파패턴은 실시설계와 시험발파 이전단계의 기본계획과 기본설계시에 개략공사비를 산출하기 위한 국내에서 보편적으로 적용되고 있는 발파패턴과 적산기준을 적용
- 실시설계 단계에서는 주변환경조사, 암반의 물리적 특성, 굴착대상 암반의 높이, 시공성, 안전성등을 고려한 사전 발파영향권 분석을 통해 발파공법을 적용하며 공사시행시에는 시험 발파를 통하여 현장에 적합한 발파공법을 선정하여 적용
- 발파패턴에서 적용한 설계적용식은 일반적으로 많이 적용되고 있는 “Lanfegors”제안식을 적용한 것으로 실시설계와 시험발파 단계에서 현장조건을 감안하여 조정이 가능함
- 보안물건에 대한 발파공해 허용기준치는 타당한 기준에 근거하여 설계자가 설정함.
- 발파패턴에 대한 발파공법의 명칭은 신기술 혹은 특허로 지정된 특정업체의 공법이 아니라, 국내에서 일반적으로 통용되고 있는 발파공법을 적용
- 폭약의 선정은 국내의 2개 생산업체(H사,K사)에서 공통적으로 생산되는 “에멀전폭약”을 기준폭약으로 적용하였으나, 다이너마이트(G.D사) 등의 유사종류의 폭약도 적용이 가능함.
- 표준패턴 설계시에 장약량은 포장단위로 최소 0.5개 단위로 적용하였으며, 편의상 일반적으로 많이 사용되는 H사의 에멀전폭약 제원을 반영
- 발파보호공 덮개는 이격거리가 비교적 가까운 진동제어 발파공법까지 적용하였으나 일반발파공법은 선별적으로 적용이 가능함
- 소할의 경우는 파쇄암의 유용성과 발파암의 발생상황을 고려하여 감독자가 30%범위에서 대형브레이커로 적용이 가능함

4.2 TYPE별 발파 설계

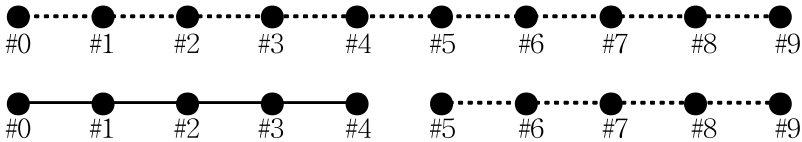
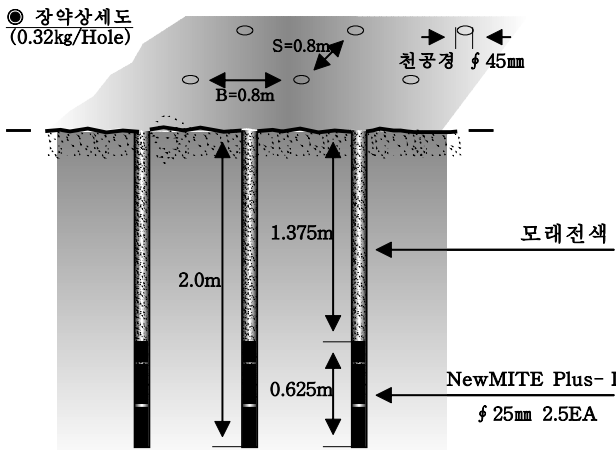
- TYPE I : 암파쇄 굴착공법
- TYPE II : 정밀진동제어 발파
- TYPE III : 진동제어(소규모) 발파
- TYPE IV : 진동제어(중규모) 발파
- TYPE V : 일반발파
- TYPE VI : 대발파

4.3 TYPE별 발파설계 패턴도

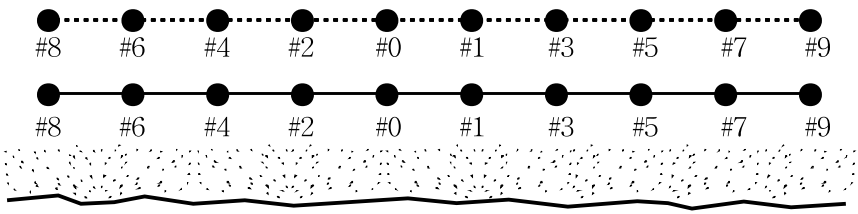
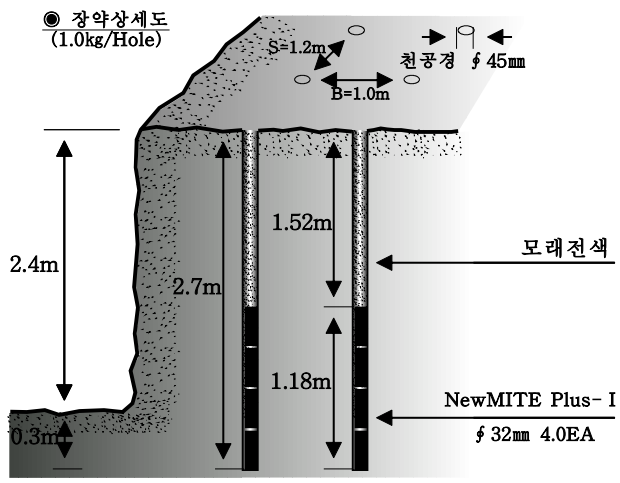
가. TYPE I : 압파쇄굴착공법 패턴도(미진동 파쇄기)

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 주용도는 도심지에서 건물이나 교각을 파괴하거나 암반발파, 콘크리트 파쇄작업을 수행하는데 사용되며, 특히 근접한 시설물을 보호하기 위한 장소에 적합. ② 고열을 이용한 가스 팽창으로 암 균열이 주로 이루어지므로, 발파공 사이로 가스가 새어 나오지 않도록 밀폐를 철저히 하여야 함. ③ 발파공의 밀폐가 불완전하면 철폐현상이 일어나 비석의 원인이 되고, 발파효과가 저하됨. (발파보호공 사용 및 전색철저) ④ 본 제품은 약통경이 30mm이므로 Tamping효과, 파쇄효과 등을 고려하여 반드시 약 ø38~45mm의 Bit를 사용하는 것이 바람직함. ⑤ 천공장이 짧아 철폐현상이 일어날 우려가 있거나, 암질이 강해 장약량이 많이 필요한 경우에는 경사공으로 천공하여야 함. ⑥ 전색재료(Tamping Material)는 시멘트+모래+급결제의 비중이 1:1:1로 혼합 사용하는 것이 좋으며, 충전 후 대기시간은 하절기 30분이상, 동절기 60분 이상 준수. ⑦ 본 제품은 순발시차이므로 보안물건과 근접된 장소에서 대량으로 기폭시킬 경우 1열 단위로 분할하여 적정 수량을 동시 기폭시킬 것. ⑧ 부득이 모래로 전색을 할 때에는 왕사에 시멘트를 혼합하여 다짐을 철저히 할 것.

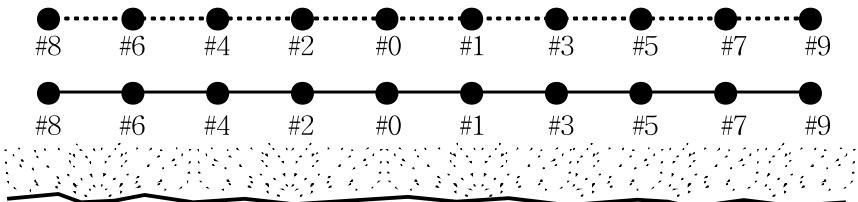
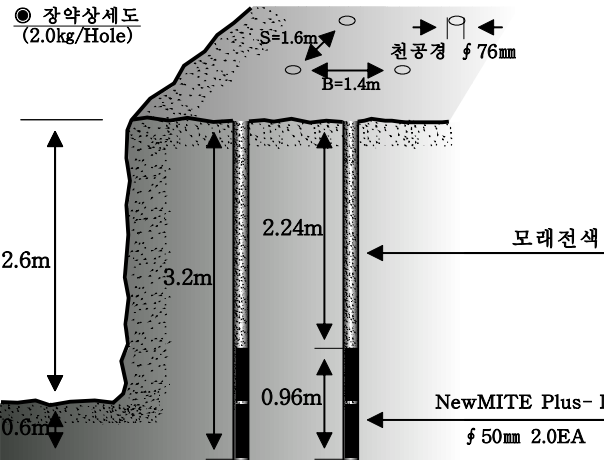
나. TYPE II : 정밀진동제어 발파공법 패턴도

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 본 발파패턴은 정밀진동제어발파라 하는데 단위 파쇄량당 장약비를 감소시켜 균열을 형성시킨후 불도저로 리핑 또는 브레이커로 2차굴착 처리하는 방법으로 암반굴착지역이 주택지 등 보안물건이 근접하여 있는 경우에 효과적인 방법임. ② 본 발파패턴의 사용뇌관은 M,S지발뇌관을 사용할 것. ③ 본 발파패턴은 풍화암에서 중경암까지는 천공간격이나 천공경, 장약량에 융통성이 있으나, 경암에서는 공간격이나 장약량이 발파성패를 좌우하게 되므로 천공시 공간격 결정에 세심한 주의를 기울일 것. ④ 극경암이나 경암에서는 자유면이 형성되지 않으면 공발현상이 일어나거나 표면암반만 발파되어 비석우려가 있으므로 가능한 자유면을 형성할 것. ⑤ 정밀진동제어 발파개념의 분류는 편의상 지발당 허용장약량 0.5kg이하의 개소에서 크로라드릴 천공시에 적용하는 것을 원칙으로 한다. ⑥ 본 발파패턴은 전색이 불충분할 때 비석 발생의 우려가 있으므로 필히 비석방호를 위한 적절한 “발파보호공”을 설치할 것. ⑦ 발파보호공은 50kg/m³ 이상의 중량물을 사용하고 내구성이 우수한 것으로 할 것. ⑧ 본 발파패턴은 발파후 대형브레이커에 의한 2차 굴착이 수행되므로 뇌관을 설치할 때에는 필히 “역기폭”방식을 사용할 것. ⑨ 브레이커에 의한 2차 파쇄시 잔류약 타격에 의한 폭발사고의 가능성을 배제하기 위해 다이너마이트의 사용을 금하며 필히 에멀전폭약을 사용하여야 함.

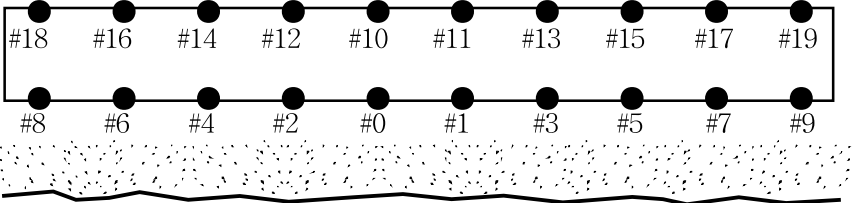
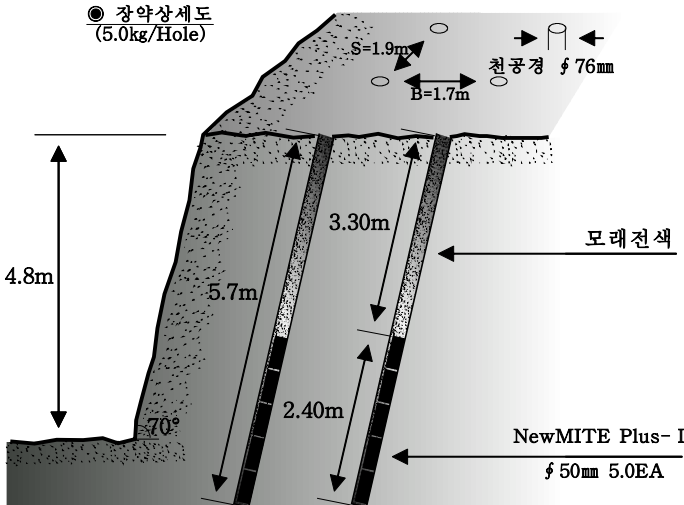
다. TYPE III : 진동제어(소규모) 발파공법 패턴도

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 본 발파패턴은 “소규모 진동제어발파”공법으로 매발파작업시 계측과 병행 실시해야 함. ② 적용 폭약은 ϕ 32mm NewMITE Plus- I 로 기준하였음. 단, 화약류 수급상황에 따라 동종의 타사 제품을 사용할 수 있음. ③ M.S.D 전기뇌관을 사용하며, 각선의 길이는 천공깊이 + 1.0m를 기준으로 함. ④ 10공을 기준하여 1회 발파로 설정하였으나 시험발파 결과에 의해 증감할 수 있음. ⑤ 본 발파공법은 분할발파를 실시하므로 전회발파에 의해 “Back Break”가 발생할 경우 비석 발생 위험성이 있으므로 비석방호를 위한 적절한 “발파보호공”을 설치할 것. ⑥ 발파보호공은 50kg/m² 이상의 중량물을 사용하고 내구성이 우수한 것으로 할 것.

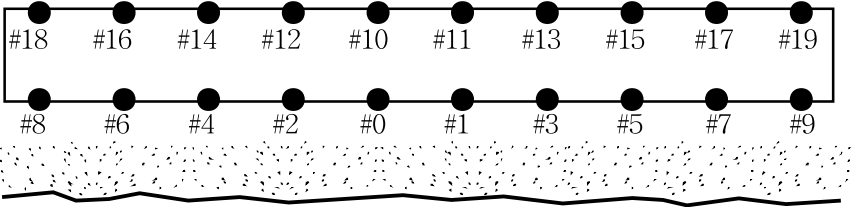
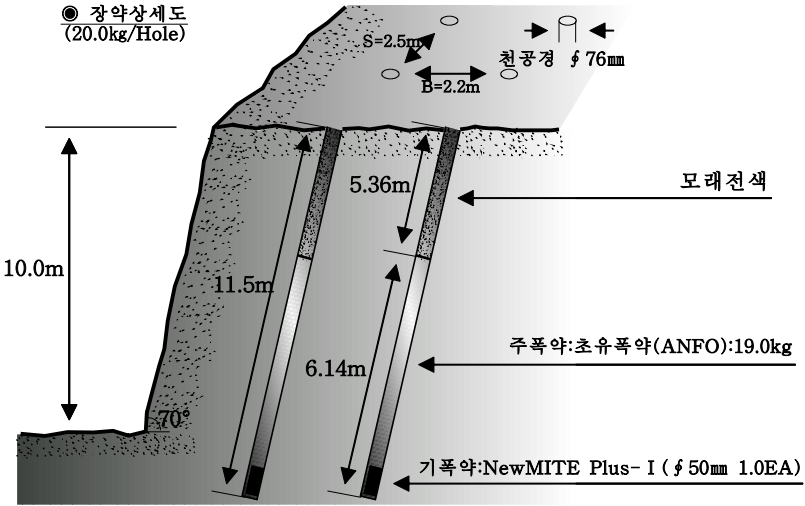
라. TYPE IV : 진동제어(중규모) 발파공법 패턴도

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 본 발파패턴은 “중규모 진동제어발파”공법으로 매발파마다 계측과 병행 실시해야 함. ② 적용 폭약은 φ 50mm NewMITE Plus-I 로 기준하였음. 단, 화약류 수급상황에 따라 동종의 타사 제품을 사용할 수 있음. ③ M.S.D 전기뇌관을 사용하며, 각선의 길이는 천공깊이 + 1.0m를 기준으로 함. ④ 10공을 기준하여 1회 발파로 설정하였으나 시험발파 결과에 의해 증감할 수 있음. ⑤ 본 발파공법은 분할발파를 실시하므로 전회발파에 의해 “Back Break”가 발생할 경우 비석 발생 위험성이 있으므로 비석방호를 위한 적절한 “발파보호공”을 설치할 것. ⑥ 발파보호공은 50kg/m³ 이상의 중량물을 사용하고 내구성이 우수한 것으로 할 것.

마. TYPE V : 일반발파 공법 패턴도

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 본 발파패턴은 “일반발파”공법임. ② 적용 폭약은 $\phi 50\text{mm}$ NewMITE Plus- I 로 설정하였음. 단, 화약류 수급상황에 따라 동종의 타사 제품을 사용할 수 있음. ③ M.S.D 전기뇌관을 사용하며, 각선의 길이는 천공깊이 + 1.5m를 기준으로 함. ④ 20공을 기준하여 1회 발파로 설정하였으나 시험발파 결과에 의해 증감할 수 있음. ⑤ 지발당장약량은 5kg/delay로 기준하였으나, 이격거리 및 시험발파 결과에 따라 14 kg/delay까지 증가할 수 있음

바. TYPE VI : 대규모 발파공법 패턴도

구 분	패 턴 도
천공 평면도	
천공 단면도	
특 기 사 항	① 본 발파패턴은 “대규모 발파”공법임. ② 적용 폭약은 주폭약으로 초유폭약으로 AN-FO Plus를 적용하였음. 단, 화약류 수급상황에 따라 동종의 타사 제품을 사용할 수 있음. ③ 전폭약(Primer)은 에멀전폭약인 φ 50mm NewMITE Plus- I 으로 설정하였음. 단, 화약류 수급상황에 따라 동종의 타사 제품을 사용할 수 있음. ④ M.S.D 전기뇌관을 사용하며, 각선의 길이는 천공깊이 + 1.5m를 기준으로 함. ⑤ 20공을 기준하여 1회 발파로 설정하였으나 시험발파 결과에 의해 증감할 수 있음. ⑥ 기폭약포의 위치는 천공저부로부터 50cm 상부에 설치할 것. ⑦ 만약, 천공에 용수가 발생할 경우 이를 Blow Pipe로 제거한 후 장약하여야 하며 제거가 곤란할 경우 수위만큼은 에멀전폭약을 장약하여야 함. ⑧ 초유폭약은 사용하는 Bit의 마모도에 따라 단위 길이당 장약량이 변화하므로 소정의 전색장(기준 3.0m 이상)을 준수할 수 있도록 조치할 것. ⑨ 초유폭약은 정전기에 의한 위험이 있으므로 천공이 완료된 후 적어도 30분 이상 경과한 후 장약을 할 것. ⑩ 석회암 지대에서는 암반에 공동이 존재할 수 있으므로 천공 및 장약시 이를 관찰하여 과장약이 되는 일이 없도록 조치할 것.

5. 발파진동, 폭음 허용 기준

5.1 가축에 대한 기준

- 사육되는 가축은 종류별로 주변환경(상시 폭음, 진동), 축사환경, 서식밀도 및 공급되는 물의 오염정도 등에 따라 자연 폐사율이 상이하며, 각 가축종별 자연폐사율에 해당되는 진동 및 폭음 수준을 허용기준으로 설정하여 실시설계 단계에서는 “0.1cm/sec”를 설계기준으로 적용한다.

5.2 문화재에 대한 기준

- 문화재(국보, 보물, 사적, 명승, 천연기념물 등)는 국가에서 지정한 역사적으로 보호할 가치가 있는 것들을 말하며, 독일공업규격(DIN-4105)에서는 0.2cm/sec를 허용기준으로 설정하고 있으며 국내에서도 이 기준으로 적용한다.

5.3 구조물에 대한 기준

1) 국내의 통상적인 발파진동 허용기준치

구조물에 대한 발파진동 기준

구 분	유적, 문화재, 컴퓨터시설물	주택, 아파트	상 가	철근콘크리트 건물 및 공장
진동치 (cm/sec)	0.2	0.3~0.5	1.0	1.0~5.0

2) 구조물 손상기준 발파진동 허용치(대한터널협회, 1999)

구분	진동에민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근 콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 조적식 건축물	철근 콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 대형 건축물
	문화재 등	재래가옥, 저층 일반가옥	저층 양옥, 연립주택 등	중, 저층 아파트, 중소상가 및 공장	내진구조물, 고층아파트, 대형건물 등
허용입자속도 (cm/sec)	0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

3) 환경분쟁조정위원회에서 제안된 건축물에 대한 발파진동 허용기준

(연구수행기관 : 한국지질자원연구소)

건전도 등급 ¹⁾	대상 건축물	진동 속도, cm/s			
		주파수대역			
		< 10 Hz	10-40 Hz	40-100 Hz	>100 Hz
I	철근콘크리트조 건물	1.5	1.5~4.5	4.5~5.0	5.0
II	콘크리트, 벽돌조 건물	1.0	1.0~2.5	2.5~3.0	3.0
III	조적조 시멘트 블록조 건물	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0	2.0
IV	III의 건물을 개축한 건물, 역사적 보호건물	0.25	0.25~0.75	0.75~1.0	1.0

주1. 건전도는 건축물의 종류와 상태의 양호함을 의미하며 전문가의 평가를 요함

주2. 건축물의 기초 또는 폭원 방향 지반의 진동속도

4) 독일의 발파진동에 의한 건물피해기준

(German Standard DIN 4150 Part3, 1986)

구조물 형태	진동 속도, cm/sec			
	측정위치 : 구조물 기초		측정위치:최상층 바닥면	
	주파수			
	< 10 Hz	10~50 Hz	50~100Hz	전체주파수대역
상업용, 산업용 건물 및 이와 유사한 건물	2	2~4	4~5	4
주거용 및 이와 유사한 건물	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0	1.5
진동에 취약한 건물 (문화재 및 기타 중요건물)	0.3	0.3~0.8	0.8~1.0	0.8

① 건물기초 3방향 진동 속도 중 최대치

② 측정방법 : 진동원과 직면하는 건물의 가장 낮은 층의 기초내벽 또는 외벽, 지하실이 없는 경우는 지반 상부의 0.5m 이하 구조의 3방향에 대하여 동시에 측정, 건물 최상층 슬라브의 중앙 z-방향.

③ 피로 파괴를 고려하지 않은 수준의 충격 진동, 연속 충격과 구조물의 공진을 야기하는 진동은 정상진동으로 취급.

④ 100Hz 이상의 주파수에 대해서는 50 to 100Hz의 주파수 범위의 규제치를 사용.

⑤ 슬라브(floor) 진동허용 규제치는 수직방향 최대 진동속도 2.0cm/sec이하.

5.4 인체에 대한 권고기준(안)

장소	시간 ¹⁾	제안기준 ²⁾		ISO 기준	
		dB(V)	cm/sec	dB(V)	cm/sec
병원,수술실,정밀연구소 등 특수작업장	주/야	54	0.01	54	0.01
주거·녹지 지역, 운동·휴양 지역, 자연환경 보전지역, 학교·병원·공공 도서관의 부지 경계선에서 50m이내의 지역 등 ³⁾	주간	85	0.4	83-93	0.3-0.9
	야간	60	0.02	57-80	0.01-0.2
상업·공업지역, 농림·준 농림지역, 미고시 지역 등 ⁴⁾	주간	90	0.6	90-96	0.6-1.28
	야간	60	0.02		

주1. 주간(06:00-22:00), 야간(22:00-06:00)

주2. ISO의 충격진동에 대한 빌딩내 인체의 기준에 상응하며 진동속도는 ISO 수치를 채택함

주3. ISO의 거주지 항목에 상응함

주4. ISO의 사무실, 공장 항목에 상응함

5.5 일반적인 건설현장 생활 소음·진동 규제 기준 (환경법 제29조의 2 제3항)

• 생활소음 규제기준

(단위 : dB(A))

대상지역	시간별 소음원		조식 (05:00~08:00, 18:00~22:00)	주간 (08:00~18:00)	심야 (22:00~05:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지 구 및 운동·휴양지 구, 자연환경보전지 구, 기타 지역안에 소 재한 학교·병원·공 공도서관	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥 외로 방사되 는 경우	50 이하	55 이하	45 이하
	공장·사업장		50 이하	55 이하	45 이하
	공 사 장		65 이하	70 이하	55 이하
기 타 지 역	확성기	옥외설치	70 이하	80 이하	60 이하
		옥내에서 옥 외로 방사되 는 경우	60 이하	65 이하	55 이하
	공장·사업장		60 이하	65 이하	55 이하
	공 사 장		70 이하	75 이하	55 이하

- ※ 1) 폭음의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
 2) 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.
 3) 규제기준치는 생활소음의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.(개정 2000.5.4)
 4) 옥외에 설치한 확성기의 사용은 1회 2분 이내, 15분 이상의 간격을 두어야 한다.

• 생활진동 규제기준

(단위 : dB(V))

대 상 지 역	시 간 별	주 간 (06:00~22:00)	심 야 (22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동· 휴양지구, 자연환경보전지역, 기타 지역안에 소재한 학 교·병원·공공도서관		65 이하	60 이하
기 타 지 역		70 이하	65 이하

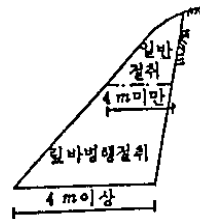
- ※ 1) 진동의 측정방법과 평가단위는 소음·진동공정시험방법에서 정하는 바에 따른다.
 2) 대상지역의 구분은 국토이용관리법(도시지역의 경우에는 도시계획법)에 의한다.
 3) 규제기준치는 생활진동의 영향이 미치는 대상지역을 기준으로 하여 적용한다.
 (개정 2000. 5. 4)
 4) 공사장의 진동규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1
 일 2시간 이하일 때는 +10 dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5 dB를 규제기준치에 보정한다.
 (개정 2000. 5. 4)

5.6 상기 제시한 발파공해(진동, 폭음, 폭풍압 등) 허용기준은 국내관련 기준을 참고하여 종합적으로 제시한 것이며, 설계시 본 기준을 적용하고 공사 시행시는 시험발파를 통하여 현장 보안물건에 따라 탄력적으로 적용

6. 품셈 개정 내용

항 목	구 분	현											행			
3-1-3 암석절취	보완	3-1-3 암석절취											3-1-3 암석절취			
		1. 육 상											1. 육 상			
		가. 암석절취(편절형)											가. 미진동			
		(m³당)														
		종별 암질	폭 약 (kg)	너 관		도 화 선		비트 (개)	화약공 (인)	보통 인부 (개)	착암공 (인)	착암기 (시간)	공기 압축기 (시간)	갱부 (인)	미진동 파쇄기 (kg)	비트 (개)
				인력 (개)	기계 (개)	인력 (m)	기계 (m)									
		풍화암	0.08	1.8	0.4	0.5	0.4	0.003	0.05	0.13	0.017	0.105	0.035	0.20	0.283	0.0079
		연 암	0.12	2.7	0.6	0.9	0.6	0.004	0.06	0.14	0.032	0.192	0.064	0.45		
		보통암	0.16	3.6	0.8	1.6	0.9	0.005	0.07	0.16	0.048	0.288	0.096	0.75		
		경 암	0.20	4.5	1.0	2.3	1.3	0.005	0.08	0.19	0.080	0.483	0.161	1.10		
* 본품은 공기압축기 : 10.3m³ / min(365cfm), 착암기 : 레그해머 30kg급, 비트 : 스웨덴제 Copco Bit, 현장조건은 보통을 기준으로 한 것임.																
나. 암석절취(리퍼병행)											나. 정밀진					
(m³당)																
구분 암질	폭 약 (kg)	너 관 (개)	비 트 (개)	화약공 (인)	보통인부 (인)	착암공 (인)	착암기 (시간)	공기압축기 (시간)	리퍼도저운전		폭약 (kg)	너관 (개)	비트 (개)			
									20t급 (시간)	30t급 (시간)						
연 암	0.078	0.39	0.0026	0.039	0.091	0.0208	0.1248	0.0416	0.029	0.016	0.24	0.78	0.0079			
보통암	0.112	0.56	0.0035	0.049	0.112	0.0336	0.2016	0.0672	0.029	0.016						
경 암	0.150	0.75	0.00375	0.060	0.143	0.060	0.3623	0.1207	0.029	0.016						
* 본품은 암석절취(편절형)와 동일기준으로 한 것임.																
다. 암석절취																
											폭약 (kg)	너관 (개)				
											0.35	1.0				

항 목	구 분	현									행				
		다. 암석절취(크롤러드릴) (10m³당)									라. 암석절				
		암질	구분	폭 약 (kg)	너 관 (개)	비 트 (개)	로 드 (개)	상크로드 (개)	슬리브 (개)	화약공 (인)	보통인부 (인)	크롤러사용 (시간)	공기압축 기사용 (시간)	발파규모 (m³/공)	폭 약 (kg)
			연 암	1.2	0.6	0.029	0.015	0.015	0.035	0.110	0.204	0.330	0.360	2이상 ~5미만	0.3
			보통암	1.6	0.8	0.034	0.017	0.017	0.038	0.160	0.313	0.470	0.520	5이상 ~10미만	0.3
			경 암	2.0	1.0	0.037	0.018	0.018	0.040	0.210	0.422	0.730	0.800	10이상 ~20미만	0.3
		* 본품은 공기압축기 : 17.0m³ / min(600cfm), 착암기 : 크롤러드릴(17m³ / min)을 기준한 것임.												20이상	0.3
		2. 수중 (10m³당)									2. 수중				
		암질	종별	폭 약 (kg)	너 관 (개)	비 트 (개)	착암공 (개)	화약공 (인)	보통인부 (인)	잠수부 (조)	착암기 (시간)	공기압축기 (시간)	구 분	폭 (k	
			풍화암	4.10	8.50	0.03	0.34	0.70	0.60	2.80(5.10)	2.10	0.70	우물통발과	0.9	
			연 암	6.20	12.70	0.04	0.64	0.90	1.00	4.30(7.60)	3.84	1.28			
			보통암	7.00	14.00	0.05	0.96	1.00	1.00	5.00(10.00)	5.76	1.92	우물통발과 이외	0.9	
			경 암	12.00	25.00	0.05	1.60	1.20	2.00	8.00(13.00)	9.66	3.24			
		* 본품은 천공발파품이며 ()내는 잠수부 천공시 품임. * 수중 잠수부작업은 천공능력 저하율 50%가 포함된 것임.													
		3.인력 깎기 (m³당)									3.인력 깎기				
		종 류					할 석 공			보 통 인 부			종		
풍 화 암 및 연 암					0.74			0.37			풍 화 암				
보 통 암					1.10			0.55			보 통				
경 암					2.03			1.01			경				
*본 품은 발파시공이 불가능할 때 적용함.												*본 품은 발파시			

항 목	구 분	현	행
		[주] ① 본 품은 모암 1m³를 파쇄하는 것을 기준한 것이다. ② 화약은 일반 상용 다이너마이트(ø 25~50 m/m)를 기준한 것이다. ③ 국산비트의 성능은 일제의 65%로 추정하고 성능시험에 따라 산정한다. ④ 리핑작업의 경우 자연상태 탄성과 속도가 1,800m/sec이하의 암은 발파없이 리핑으로 할 수 있고, 탄성과 속도가 1,800m/sec를 초과하는 암은 발파와 리핑작업을 병행 시공할 수 있다. ⑤ 리퍼도저 선정에서 암굴착량이 25,000m³이상의 경우에는 30t급, 25,000m³ 미만에는 20t급을 사용하고 현장여건을 감안하여 결정한다. ⑥ 리퍼 병행 암석절취는 리퍼도저 투입이 가능한(절취폭 4m 이상 길이 20m이상 - 그림 1,2참조) 넓은 지역으로서 현장여건을 고려하여 결정한다.  (그림 1)  (그림 2)	
		⑦ 크롤러드릴 사용 암석절취는 동일장소내에서 연속적으로 작업이 가능한 경우로서 암석절취량이 25,000m³정도 이상의 경우에 적용한다. 단, 공사물량은 편의상 표시한 것으로 실제적용 과정에서는 공사기간, 현장조건 등에 따라 적의 판단 적용할 수 있다. ⑧ 암석파쇄후 깬 잡석을 채취할 경우에는 본품 이외에 소요 깬 잡석 m³당 할석공 0.20인을 가산한다.	

항 목	구 분	현	행																																							
		⑨ 시공면의 먼고르기를 요할 때에는 본품 이외에 먼고르기품을 별도로 가산한다. ⑩ 석산 또는 파쇄 현장의 조건에 따라 가시설, 피복토 제거등은 별도 가산한다. 단, 수중암석 절취시는 적용하지 않는다. ⑪ 인력으로 파쇄할 경우 잡재료는 재료비의 5%이내에서 가산하고 본품 이외의 비트를 사용할 경우 그 소모는 다음 표를 기준으로 한다. <table><tr><th>구 분</th><th>일 본 Dia Bit</th><th>스 웨 덴 Seco</th><th>비 고</th></tr><tr><td>풍 화 암</td><td>0.006개</td><td>0.004개</td><td></td></tr><tr><td>연 암</td><td>0.008 "</td><td>0.005 "</td><td></td></tr><tr><td>보 통 암</td><td>0.010 "</td><td>0.006 "</td><td></td></tr><tr><td>경 암</td><td>0.010 "</td><td>0.006 "</td><td></td></tr></table> ⑫ 본 품은 작업조건이 보통인 경우를 기준한 것이므로 현장조건을 감안 재료비(화약, 뇌관, 비트, 로드, 상크로드, 스리브)를 제외한 품에 다음 표 범위내에서 증감할 수 있다. <table><tr><th>현 장 조 건</th><th>증감율(%)</th></tr><tr><td>작업에 제한을 받지 않는 구간의 암절취</td><td>-5</td></tr><tr><td>보통조건의 암절취</td><td>0</td></tr><tr><td>교통, 가옥, 전선 및 철로 등의 제한을 받는 구간의 암절취</td><td>5</td></tr></table> ⑬ 뇌관은 공업용 뇌관을 기준한 것이므로 전기뇌관을 사용할 경우에는 도화선을 가산하지 않는다. ⑭ 암석을 용도별 선별 또는 소할이 필요한 경우에는 선별 또는 소할품을 별도 가산할 수 있으며, 소할품은 “10-19 대형 브레이커”를 사용할 경우의 작업능력은 다음 표를 적용한다. <table><tr><th rowspan="2">구분 암종류</th><th colspan="2">규 격</th></tr><tr><th>30cm 미만</th><th>30cm 이상</th></tr><tr><td>연 암</td><td>10</td><td>12</td></tr><tr><td>경 암</td><td>8</td><td>10</td></tr></table>	구 분	일 본 Dia Bit	스 웨 덴 Seco	비 고	풍 화 암	0.006개	0.004개		연 암	0.008 "	0.005 "		보 통 암	0.010 "	0.006 "		경 암	0.010 "	0.006 "		현 장 조 건	증감율(%)	작업에 제한을 받지 않는 구간의 암절취	-5	보통조건의 암절취	0	교통, 가옥, 전선 및 철로 등의 제한을 받는 구간의 암절취	5	구분 암종류	규 격		30cm 미만	30cm 이상	연 암	10	12	경 암	8	10	③ 화 현 전 사- ④ 발파 다음 미진동암 암석절취 암석절취 ⑤ 착암 “다. 50% ⑥ 발파 5% ⑦ 암석 할 ⑧ 암석 또는 브레 작
구 분	일 본 Dia Bit	스 웨 덴 Seco	비 고																																							
풍 화 암	0.006개	0.004개																																								
연 암	0.008 "	0.005 "																																								
보 통 암	0.010 "	0.006 "																																								
경 암	0.010 "	0.006 "																																								
현 장 조 건	증감율(%)																																									
작업에 제한을 받지 않는 구간의 암절취	-5																																									
보통조건의 암절취	0																																									
교통, 가옥, 전선 및 철로 등의 제한을 받는 구간의 암절취	5																																									
구분 암종류	규 격																																									
	30cm 미만	30cm 이상																																								
연 암	10	12																																								
경 암	8	10																																								

항	목	구	분	현	행																																																				
				⑮ 절취암괴(크롤러드릴 사용시)의 소할이 필요한 경우 15% 범 위내에서 별도 가산할 수 있다. ⑯ 파쇄현장에서 싣는 장소까지의 운반이 필요할 경우에는 별도 가산한다. ⑰ 본품 2. 수중파쇄는 2.5~8m를 기준으로 한 것이며 수심 8~ 15m에서는 본품의 1.5배, 수심 2.5m 이내에서는 본품의 1.2배 로 한다. ⑱ 다공질암에 대하여는 현지 실정에 따라 본품 이외에 별도 계 상할 수 있다. ⑲ 현장여건상 특수 발파공법을 적용하는 경우에는 발파품을 별 도 계상할 수 있다. ⑳ 암의 분류는 일반적으로 1-29 토질 및 암의 분류 “1~9”항에 따르나 탄성과 속도 및 내압강도의 측정이 가능할 경우에는 다음표에 따를 수도 있다.																																																					
				암종별 탄성과속도 및 내압강도																																																					
				<table><tr><th>암종류</th><th>구분</th><th>자연상태의 탄성과속도 V(km / sec)</th><th>암 편 탄성과속도 V(km / sec)</th><th>암 편 내압강도 (kg / cm²)</th><th>비 고</th></tr><tr><td rowspan="2">풍화암</td><td>A</td><td>0.7~1.2</td><td>2.0~2.7</td><td>300~700</td><td rowspan="2">내압강도 1. 시편 : 5cm입방체 2. 노건조 : 24hr 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가압방향) z축(절면에 수직)(탄성과속 도가 가장 느린방향)</td></tr><tr><td>B</td><td>1.0~1.8</td><td>2.5~3.0</td><td>100~200</td></tr><tr><td rowspan="2">연 암</td><td>A</td><td>1.2~1.9</td><td>2.7~3.7</td><td>700~1,000</td><td rowspan="2">암편탄성과속도 1. 시편 : 두께15~20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향 x축(탄성과속도가 가장 빠른 방향)(절면에 평행)</td></tr><tr><td>B</td><td>1.8~2.8</td><td>3.0~4.3</td><td>200~500</td></tr><tr><td rowspan="2">보통암</td><td>A</td><td>1.9~2.9</td><td>3.7~4.7</td><td>1,000~1,300</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>B</td><td>2.8~4.1</td><td>4.3~5.7</td><td>500~800</td></tr><tr><td rowspan="2">경 암</td><td>A</td><td>2.9~4.2</td><td>4.7~5.8</td><td>1,300~1,600</td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>B</td><td>4.1이상</td><td>5.7이상</td><td>800이상</td></tr><tr><td>극경암</td><td>A</td><td>4.2이상</td><td>5.8이상</td><td>1,600이상</td><td></td></tr></table>	암종류	구분	자연상태의 탄성과속도 V(km / sec)	암 편 탄성과속도 V(km / sec)	암 편 내압강도 (kg / cm ²)	비 고	풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700	내압강도 1. 시편 : 5cm입방체 2. 노건조 : 24hr 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가압방향) z축(절면에 수직)(탄성과속 도가 가장 느린방향)	B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200	연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	700~1,000	암편탄성과속도 1. 시편 : 두께15~20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향 x축(탄성과속도가 가장 빠른 방향)(절면에 평행)	B	1.8~2.8	3.0~4.3	200~500	보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	1,000~1,300		B	2.8~4.1	4.3~5.7	500~800	경 암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	1,300~1,600		B	4.1이상	5.7이상	800이상	극경암	A	4.2이상	5.8이상	1,600이상		
암종류	구분	자연상태의 탄성과속도 V(km / sec)	암 편 탄성과속도 V(km / sec)	암 편 내압강도 (kg / cm ²)	비 고																																																				
풍화암	A	0.7~1.2	2.0~2.7	300~700	내압강도 1. 시편 : 5cm입방체 2. 노건조 : 24hr 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향(가압방향) z축(절면에 수직)(탄성과속 도가 가장 느린방향)																																																				
	B	1.0~1.8	2.5~3.0	100~200																																																					
연 암	A	1.2~1.9	2.7~3.7	700~1,000	암편탄성과속도 1. 시편 : 두께15~20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향 x축(탄성과속도가 가장 빠른 방향)(절면에 평행)																																																				
	B	1.8~2.8	3.0~4.3	200~500																																																					
보통암	A	1.9~2.9	3.7~4.7	1,000~1,300																																																					
	B	2.8~4.1	4.3~5.7	500~800																																																					
경 암	A	2.9~4.2	4.7~5.8	1,300~1,600																																																					
	B	4.1이상	5.7이상	800이상																																																					
극경암	A	4.2이상	5.8이상	1,600이상																																																					