

火藥産業의 發破安全對策
-소음진동 및 안전거리 설정을 중심으로-

安 明 碩*

A Study of the Safe Measure Industrial Explosives

by Ahn Myung Seok

Abstrac

This study is concerned with the disasters that occur in the field of industrial explosives and analyzed by two side the disaster of the manufacturing factory and that of the field, and is studied about the safety and the countermeasure.

The industrial explosives accidents occur just accidentally and unforeseeable, and reappear-ance experiments are more difficult. The 3E of J.H. Harvey was applied in this study to establish the counter measure of prevention of accidents, overcoming these restricted factors.

As a method of technical safety countermeasures. The blasting vibration formula which had been conformed from the Seoul Subway Construction work during 1980-1984 year, was utilized, and, using the formula $V=Kw^{0.5}D^{-1.5}$ for the gneiss which is widely distributed in Pusan area, an index of the minimum and maximum amount of gun powder, to be used according to safety-distance was made, and it helped the gun powder managing technician's practical business.

During the fore work discharging, the safety distances of folling were theoretically established based on the writer's experiences of more than 10 years on this field.

1. 研究方法 및 範圍

본 연구는 국내의 문헌과 현장 데이터를 기준으로 하여 일부 외국 기술 자료를 인용하여 정리하였다. 암반발파 현장에서의 폭발사고에 대하여는 RION VM-12B, LR-04Recorder 등 소음진동계를 이용한 안전진단 결과를 토대로 소음진동에 따른 피해 및 방지대책을 위주로 기술하였고, 연화발사 현장에서는 일반안전수칙과 Portable

Sound Level Meter를 이용한 폭음측정 결과를 토대로 한 폭발소음 및 낙하안전거리 설정에 대하여 기술하였다.

2. 火藥의 消費推勢 및 災害實態

서기 660년경 화약이 최초로 발명된 이후 알프레드 노벨의 다이나마이트에 이어 고려말에 최무선(1326-1395) 해방후 1953년의 조선화약공판(주)의 한국인으로서의 불하라는 역사를 거쳐 동남

* 韓國火藥(株) 釜山支店

아에서는 일본에 이어 소비량이 2위에 이르며 종류별 소비 추세로는 미국의 경우는 초유폭약과 합수폭약이 대부분이고 일본의 경우는 다이나마이트 30% 초유 및 합수폭약 60% 정도이다.

사용용도는 우리나라의 경우 종래의 탄광 위주에서 최근에는 골프장 건설, 지하철건설, 원유저장소건설, 아파트건설 등으로 건설현장에서의 사용량이 탄광에서의 사용량을 앞지르고 있다. 재해율 역시 전산업 평균강도를 2.7에 비해 비교적 높은 편이며 사고 발생시에는 강도율이 보통 6 이상으로 피해규모 및 사상규모는 매우 큰 편이다. 예를 들면 84년 총재해자 기준으로 전산업 평균 사망율은 1.056%인데 비해 화약산업은 재해당 평균 사망율은 32%에 이르고 있다. 또한, 일본자료를 인용하여 발파작업중 발생사고를 요인별로 분석해보면 안전지역으로의 대피가 미흡했을 때 41%로 가장 높고 다음이 불발 및 잔류 25.9% 작업중 4%로 나타난다. 이는 화약사용 작업시는 사전에 사고 및 피해 발생가능 예상지역을 예측하고 통제구역을 정한후 사용현장에는 외부인의 출입을 엄격히 규제하고 작업원에 대한 안전교육을 철저히 시킨후 작업에 임한다. 그리고 작업 후에는 유실물, 불발품을 철저히 점검하고 수거처리 해야됨을 알 수 있다.

3. 火藥發破 安全事故防止對策

3.1 發破公害의 一般的 對策

(1) 발파公害의 발생 및 대책

화약을 암반에 장전하고 터뜨렸을때 발생하는 발파에너지중 80~90%는 암반의 파쇄에 소비되고 동시에 5~10%의 에너지는 발파진동, 폭음, 비석, 충격파등을 발생케하여 발파지역 주변에 영향을 미치게 한다.

즉 발파를 함으로써 발생하는 공해는 지반진동, 소음, 폭풍, 비산분진으로 나눌 수 있다.

지반진동은 발파충에너지의 0.5~10%가 탄성파로 변환되어 발생하는데 이는 폭원으로 부터의 거리, 사용화약류의 종류, 약량, 전색상황, 천공패턴 및 파동의 전파경로, 지반의 성질, 성층상황 등의 인자가 영향을 주므로 이러한 인자를 면밀히 분석하여 설계에 참고하여야 하며 인체에 미치는

영향 또한 개인차, 신체부위차, 노출방법의 차에 따라 다르며 특히 그때의 주변분위거나 개인 감정에 많이 좌우한다. 발파진동의 크기는 변위, 속도, 가속도의 세가지 척도중 진동속도가 구조물의 피해정도와 가장깊은 관계가 있으며 주파수 역시 많은 영향을 미친다.

소음은 보통 천공작업시 발생하는 착암기류 소음과 파쇄암석의 처리를 위한 운반기구 즉 담프트력등의 중기계류 소음과 화약폭발소음이 있다. 화약을 폭발시 폭발에너지의 일부는 자유면 가까이서 탄성파가 공중으로 폭발소음으로되어 주위로 전파된다. 폭발소음은 폭원과 관측점간의 지형이나 구조물의 종류, 성질, 규모에 관계되며 풍속 및 풍향에도 큰 영향이 있다. 인체에 대한 영향으로는 불쾌감, 일상생활의 방해, 생식기능의 변화, 청력장해 등을 들 수 있으며, 구조물에 대한 영향으로는 건축물의 구조, 재료, 신구의 정도에 따라 차이가 있다.

폭풍은 발파로 인한 암반자체의 변형, 지반진동이 대기중으로 전달되거나 발파공으로부터 방출되는 가스나 전색물이 대기중으로의 확산 등으로 발생되며, 이는 그때의 기후, 기압, 기온, 풍속 및 측정방향에 따라 고려하여야 하며 크기는 공기의 압력으로 결정된다. 예를들면 유리창이 파손되는 정도의 폭풍피해는 $0.60g/cm^2$ 에 해당한다.

비산분진은 주로 착암기류에 의한 천공작업시, 발파작업시, 파쇄암석의 적재시 발생하며 습식 착암기의 사용, 집진장치의 설치, 살수작업, 방진마스크착용 등으로 억제 또는 방지할 수 있으나 완전한 제거는 곤란하므로 다소작업에 주의를 요한다. 또한 발파시 발생하는 비석은 안전사고에 가장 직접적인 요소로서 전색불충분, 암반의 균열, 암석의 강도저하, 천공각도 착오로 장약의 국부적 집중, 점화순서착오 및 지나친 자발시간, 과장약 등으로 발생되며 상기요인을 천공 및 장약량의 조정 및 개선을 통해 제거하고 안전매트로 발파부위를 엄밀히 덮는다거나 안전망을 설치하는 등의 조치로 관심을 집중시 대부분 예방할 수 있다.

(2) 발파 소음진동 경감방법

최근에는 도심지에서 건물신축 부지마련을 위한 노천암반발파, 터널굴착발파, 가동중인 중요시설물 가까이에서의 발파 등으로 소음진동에 대한

문제가 심각해지고 있다. 게다가 환경보존법중 소음진동법에서는 올해부터 200kg 이상의 폭약을 도심지에서 발파시 <별표 1>의 양식으로 7일전 시도지사에게 신고해야하는 의무규정 등 점차 복잡해지고 있다. 하지만 공사 또한 소정의 공기내에 마쳐야하는 어려움이 있기 때문에 시공공법과 함께 경제성도 충분히 고려되어야 한다.

일반적으로 소음진동을 경감시키기 위해서는

첫째, 제발효과로 진동을 줄인다. 즉 DS, MS 등의 단발뇌관으로 비전기식뇌관을 사용한다거나 MS발파기 등의 다단식 발파기를 사용한다.

둘째, 저비중, 저폭속 화약을 사용하는 방법인데 Decoupling 효과를 이용한 Smooth Blasting 발파법에서 Slurry 폭약의 사용이나 고열의 고압가스 발생으로 충격파의 발생없이 피폭물이 파쇄되어 진동, 폭음, 비석 등을 감소시켜주는 Concrete 파쇄기를 사용할 수 있다. CCR의 경우 동일약량의 다른 폭약에 비해 진동폭음이 약 1/2~1/10 정도가 감소된다.

그리고 화약이 아닌 화학물질을 이용한 무진동 파쇄약품 즉 Calmmite, Bristar, 무성파쇄제 등을 들 수도 있다.

세째, 적절한 최소 저항선과 장약량을 가지고 가급적 많은 자유면을 이용한 발파공법의 사용, 즉 계단식발파법을 들 수 있다.

또한 폭발음을 경감시키는 방법으로는

첫째, 토제 등을 쌓아서 폭음의 전파경로를 막는다.

둘째, 풍향, 풍속의 흐름을 이용하여 전파강도를 분산시킨다.

셋째, 지발전기뇌관이나 다단식 발파기를 사용하여 발생음 자체를 분산시킨다.

3.2 岩盤發破시 安全對策

(1) 안전기준

도심지에서 화약발파로 암반제거 작업을 할 때 안전사고에 가장 큰 영향을 미치는 것은 어떤 장소에서 어떤 암질일 때 어떤 화약을 어떤 공법으로 얼마만한 양을 사용하느냐 하는 것이 가장 중요하다. 이때 더욱 중요한 것은 어느 정도의 피해가 예측되며 따라서 어느 정도의 안전거리를 확보해야되며 어느 정도의 안전조치를 취해야 하느냐

하는 문제이다.

미국의 경우 발파작업에 따른 발파진동 안전한계는 보통 5.0Kine, 일본의 경우 1.0Kine 정도로 선정하고 있다. 우리나라의 경우는 서울 지하철 건설시 발파진동 허용치는 <표 1>과 같이 적용하였다.

<表-1> 서울地下鐵隣接建物에 미치는 發破振動 許容値

區 分	I	II	III	IV
建物分類	文 宅 財 化 (실금이나타 나있는程度)	住宅,아파트 (Crack)이 없는 狀態	商街 (금 트빌딩 및 工場)	鐵筋콘크리 트빌딩 및 工場
建物基礎에 서의許用振動 値(cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

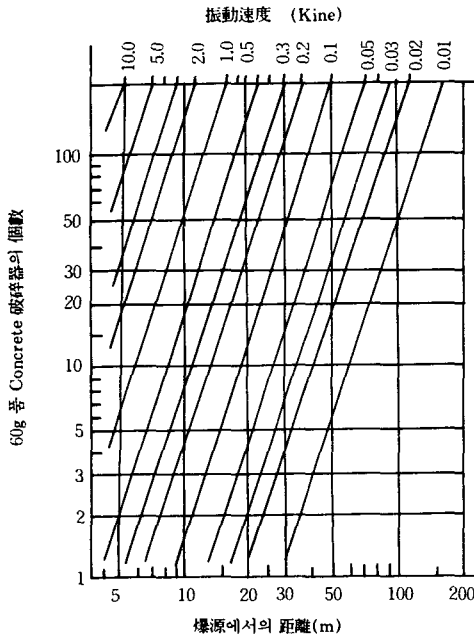
이 규정을 적용시 일반적으로 주택이나 아파트가 있는 도심지에서의 발파진동 허용치는 0.5cm/sec이다. 이 수치는 인간의 감각으로는 진동을 별로 느끼지 못하고 물그릇에 물을 떠놓았을 때 잔물결이 생길듯 말듯하는 정도에 해당한다. 또한 건물이 아주 밀집된 곳이나 지반이 특히 약한 곳에서는 0.2cm/sec면 충분하다고 할 수 있다.

(2) 안전거리 설정방법

우리나라 암석의 종류를 크게 3대별하면 화성암, 퇴적암, 변성암으로 나눌 수 있다. 이 중 우리나라에 가장 많이 분포되고 발파작업의 비율이 가장 큰 암질은 화성암, 변성암으로써 특히 서울 경기 지역은 화강암이 부산 경남지역은 Andesite, 편마암 등을 들 수 있다.

이 경우 발파진동 추정 공식은 화강암의 경우 $V=KW^{0.57}D^{-1.75}$, 편마암의 경우 $V=KW^{0.5}D^{-1.5}$ (<표 2>)을 사용한다. 콘크리트파쇄기를 사용하여 발파를 할 때는 $V=7W^{0.5}D^{-1.75}$ 를 사용하거나 (그림 1)을 이용하여 안전거리를 설정한다.

발파안전을 위해서는 시공전에 일단 암질과 주변상황을 판단하여 시험발파를 거쳐 암석과 화약의 특성을 파악하고 적합한 산출식과 폭약사용량을 정하고 역산하여 이에 알맞는 최소 안전거리, 발파당 폭약 사용량의 한계, 안전망, 덮개 사용, 필요시 헨스철망 설치 등의 조치를 취한다. 또한 시공 도중에도 안전조치의 엄밀한 실시 여부와 발파



〈그림 1〉 콘크리트 파쇄기의 약량과 진동속도와의 관계

진동치의 측정 및 기준초과 여부를 확인해야 할 것이다.

(3) 터널발파시 안전대책

농수로, 공동구, 터널 축조 등의 공사가 점차 증

가함과 더불어 그 규모가 점차 대형화되어가고 있으며 아울러 시공의 정밀성과 정확성, 경제성, 품질관리 등의 측면에 까지도 급진전 되어가고 있다.

더우기 도심지에서의 터널굴착은 소음진동 등 생활환경 침해에 대한 민원발생 숫자가 급속히 증가하고 있다. 이를 방지하기 위한 안전대책으로 폭음진동에 가장 큰 영향을 미치는 심발발파의 종류와 여굴 및 낙반 안전사고를 방지하기 위한 정밀면 발파법에 대해 다음과 같이 정리해 본다.

가. 심발 발파

터널 발파시 심발발파는 매우 중요한 기술 중 하나인데 평행천공으로 천공비를 절감시키고 굴진속도를 가속화시킬 수 있는 Burn cut, No cut round, Coromant cut 등과 경사 천공으로 특수장비를 사용하지 않고 동일공경의 빗드를 사용하여 간단하고 편리하게 작업을 하는 V-Cut, 단면이 작은 터널에 사용하는 Pyramid cut, Dyamond cut와 Draw cut, Pan cut 등이 있다. 이중에 소음진동, 폭풍 등이 우려되는 현장에서의 안전발파를 위해서는 거의 V형을 택하고 있다. V형은 천공장비의 빈약, 정밀천공 기능이 다소 부족한 현장에서 사용이 가능하며 대체로 터널의 폭이 상당

〈표-2〉 안전距離에 따른 爆藥 使用量

單位: kg

安全距離	爆藥 使用量				
	發破區分 岩의 種類	개 착 식 발 파		터 널 식 발 파	
		바 닷	측 벽	심 발	확 대
10m	A	0.047	0.104	0.077	0.229*
	B	0.054	0.129	0.092	0.319
	C	0.063	0.164	0.113	0.473
	D	0.074	0.216	0.142	0.772
50m	A	5.86	13.02	9.62	28.69**
	B	6.75	16.14	11.55	39.86
	C	7.87	20.54	14.15	59.07
	D	9.28	27.03	17.71	96.45
100m	A	46.91	104.12	76.94	229.52
	B	54.05	129.13	92.45	318.87
	C	62.98	164.36	113.17	472.58
	D	74.31	216.23	141.70	771.56

* 보안물건으로부터 10m 이내에서는 일체 발파를 금한다.

** 본 자료는 계산식에 의한 산출표임으로 현장적용시험이 필요함.

히 넓고 진행장이 길 때 사용한다. 또한 단면의 폭이 5m 이상 일때 매우 효과적이다. 천공 각도는 60도 이상이라야 경제적이고 심빼기 단면은 1.4×1.4M가 표준이다.

나. 터널 정밀면 발파

1970년 이후 터널이나 지하공동발파공법으로써 정밀면 발파법(Smooth Blasting)이 표준화 되어 있다. 이 공법은 경부고속도로공사 시공중에 Atlas Compressor장비 도입시 문헌과 외국 기술자의 도움으로 Pre-splitting 공법을 처음으로 시도 하였으며 그 이후 남해고속도로공사에서 시공하여 좋은 결과를 얻었다. 사용 폭약은 서전 Nitro Nobel사의 Gurit, Nabit와 일본의 Urbanite, Chita Gel, 우리나라에는 Finex1, Finex2 등이 있다. 정밀면 발파의 잇점으로는

- ① 주변압의 균열을 극소화 시켜 강도를 증가시킨다.
- ② 파파괴에 의한 여굴 예방과 처리비를 감소시킨다.
- ③ 암반 등으로 인해 발생하는 안전사고를 예방할 수 있다.
- ④ 주변압 지지보강 공사비와 콘크리트 주입량을 절감시킨다.
- ⑤ 정밀하고 미려한 시공을 할 수 있다.

(4) 안전거리 설정 실례

가. (실례 1)

1987년 11월 4일 B시 J동에서 암질은 편마암

(K=44)이고 사용폭약은 다이나마이트 28mm로써 1천공당장약량 2.7Kg, 거리 70m에서 MS발파시 Rion VM12B, LR04 레코더로 측정시 0.12cm/sec의 진동이 측정되었다.

발파진동공식 $V=KW^{0.5}D^{-1.5}$ 를 사용하여

$$\text{안전거리 } D = \frac{KW^{0.5}}{V}^{\frac{1}{1.5}} = 27.55m$$

(V=0.5cm/sec)

주택, 아파트 진동허용기준치 0.5cm/sec를 적용시 최소 안전거리는 27.55m이고 1회 최대 폭약 사용량은 2.7kg이 된다.

나. (실례 2)

3.3 構造物 解體爆破시 安全基準

폭약을 사용하는 구조물의 해체 작업은 구미에 서는 이미 실용화되고 있으며 우리나라도 이제는 고층빌딩 아파트 등 노후된 건물의 철거를 위해 수개의 업체가 구조물 해체 기술에 대해 적극적으로 연구 중에 있다. 외국의 경우에는 미국의 BROCO, CDI, EDL, 스웨덴의 NC 등 대부분 건물폭파 전문회사들은 20년 이상의 건물 해체 경력을 가지고 있으며 이들의 구조물 해체시의 안전대책은 각사에 따라 조금씩 다르지만 대체로 해체될 구조물로부터 반경 15m 이상을 안전기준으로 하여 설계, 시공하고 있다.

구체적으로 CDI의 경우는 소음진동 규제대책으로 발파 지점으로부터 14m에서 진동은 5Kine,

<표 3>

발파작업량	폭약종류	약량(kg)	거리(m)	진동속도 (Kine)	소음(dB)
愛知縣 C採石 (花崗岩)	Urbanite	0.8	78	0.052	83
	3호동다이나마이트	0.8	83	0.078	94
愛知縣 T宅造地 (凝灰岩)	3호동다이나마이트	1.2	130	0.054	102
	Urbanite	0.8	70	0.060	86
	"	1.2	80	0.065	80
	"	1.2	130	0.025	71
	요다이나마이트	1.2	140	0.041	87

dB-cm/sec 환산방정식(화강암, 3.8×3.7 상하단 분할 발파시에 적용)

1자유면: dB=140PPV+30

2자유면: dB=403PPV+20

폭풍압은 160dB로 계획, 시공하고 있다.

바레인의 걸프 호텔 폭파 계획 및 측정실례를 들면 (표 4)와 같다.

〈표 4〉

MEASURED GROUND VIBRATIONS		
SOUTH WING		
Monitoring Location	Distance (metres)	Peak Particle Velocity (mm/sec)
1	22	6.4
2	75	2.3
3	80	2.3
4	20	4.3
5	90	0.8
NORTH WING		
Monitoring Location	Distance (metres)	Peak Particle Velocity (mm/sec)
3	80	2.3
5	22	2.3
6	5	8.6
7	15	6.1
8	90	1.4
9	60	1.1

3.4 煙火發射時 安全對策

(1) 안전기준

-연화발사 안전수칙 15훈-

- ① 연화발사 장소의 안전거리는 발사장소로부터 반경 150m 이상을 둔다.
- ② 연화발사 장소로부터 풍하 20m 이내에서는 흡연 등의 화기취급을 하여서는 아니된다. 풍상방향에서는 절대 금한다.
- ③ 발사작업자 등 연화를 취급하는 자는 음주를 하고 작업에 임하여서는 안된다.
- ④ 연화를 사용하고자 하는 장소의 부근에는 소화작업에 필요한 소화기, 방화수, 소방차 및 구급차를 필히 대기하고, 우천이나 강풍시에는 발사작업을 중지한다.
- ⑤ 연화발사포를 설치시에는 원형의 변형여부 등을 확인하고 설치시 지면과 수직으로 밀착 되도록 고정하고 발사시 충격으로 넘어지지

않도록 설치한다.

- ⑥ 사용전에는 항시 연화에 부착된 속화선 및 발사약의 흡습과 변형여부, 발사포의 변형여부 등을 점검한 후에 작업에 임한다.
 - ⑦ 연화를 발사포에 장전할 때는 소량씩 운반하여 발사포를 들여다 보지말고 비껴서서 1발씩 천천히 발사약 밑부분이 정확히 포 중심이 되도록 장전한다.
 - ⑧ 발사작업자는 안전모, 귀마개, 안전장갑, 방열복, 안전화를 착용하고 작업복은 발사작업에 적합한 것을 입어야 한다.
 - ⑨ 발사자는 특별한 경우를 제외하고는 1명이 점화하여야 하며 점화원은 점화자가 직접 취급하고 관리한다.
 - ⑩ 발사작업은 최대한 낮은 자세로 점화하고 점화여부를 확인 즉시 허리를 굽힌 상태에서 신속히 5m 이상 대피한다.
 - ⑪ 발사시에는 풍향에 의한 불티의 날림을 확인 하면서 작업에 임하여야 한다.
 - ⑫ 연화 적재장소에는 감시자를 두고 화기에 의한 발화, 폭발이 되지 않도록 각별히 주의한다. 특히 위험지역내에는 외부인 출입을 철저히 통제한다.
 - ⑬ 연화를 장전한 후에는 불연성 시트로 덮어놓는다.
 - ⑭ 연화발사포에서 연화가 발사되지 않았을 경우에는 다량의 물을 주입하고 발사작업이 완전히 끝난후 10분이상 지난후에 조심스럽게 회수한다.
 - ⑮ 불발연화 혹은 미연소 화약류는 발견 즉시 혹은 발사후 철저히 수색하여 완전히 회수조치하고 물에넣는 등 안전하게 폐기처리를 하여야 한다.
- (2) 안전거리 설정방법
- 장전된 연화는 지상에 설치된 발사포에 의해 점화 즉시 발사되고 3~5초 후에는 100~300m 상공에서 50~200m의 크기로 개화되어 여러가지 색깔과 모양을 수놓고 수초안에 소멸한다. 연화의 발사고도에 따른 안전성은 법에 의하면 지상으로부터 20m 이상의 높이에서 개화되면 된다. 그러나 통상 국내에서 사용하는 연화는 최저 100m에서 최고 300m 상공에서 개화된다. 또한 발사시 평균

〈표 5〉

구분 \ 규격	2"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	비 고
연화직경(mm)	68	94	115	142	178	231	273	*Factor적용방법* 상승고도 50m 이하일 때 F=1.1 100m이하 F=1.2, 450m이하 F=1.6 150m / F=1.3, 600m / F=1.7 250m / F=1.4, 750m / F=1.8 350m / F=1.5, 900m / F=1.9
상승고도(m)	100	130	150	180	200	250	300	
산출안전거리(m)	99	102	105	110	113	123	133	
적용안전거리(m)	129	133	147	154	158	185	200	
실 레	일본에서 5" 연화 발사시험중 80m 지점에서 폭음이 발생된 보고예가 있음.							

〈표 6〉

단위 : dB

일 시	측 정 횟 수								평 균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	
85.1.31. 16:00 맑음 (폭발음)	95	95	95	100	107	105	93	97	98.4
상 동 (발사음)	89	90	90	91	90				90

상승 속도는 약 66m/sec이다. 그러므로 발사고도에 따른 안전성은 충분하다고 할 수 있다.

그리고 낙하시 안전거리는

발사고도 계산식 $H = \tan \times L$ 과

낙하안전거리 계산식 $C = a + b - 2abc \cos$ 를 사용하여 규격별 낙하안전거리를 계산하면 〈표 5〉와 같이 최소 129m 내지 최고 200m가 된다.

또한 300m 거리에서 독일제 Portable Sound Level Meter로 dB(C) 특성치로 폭음을 측정시 〈표 6〉과 같이 평균 98.4dB로 소음진동법에 의한 생활환경 소음기준에는 초과되나 〈별표 3〉에는 미달된다.

(3) 안전거리 설계 예

88서울 올림픽 폐회식 경축행사에 발사된 연화는 세계 각국의 많은 귀빈이 참석한 관계로 특히 안전발사에 대해 많은 노력을 기울였다. 3개소에서 분할하여 발사된 연화는 설치작업 안전거리는 반경 75m, 발사시 안전거리는 반경 200m로 설계하여 안전하게 성공적으로 발사를 완료함으로써 우리나라의 연화발사기술과 안전관리 측면에서 한층 성숙된 면모를 세계에 과시한 역사의 한장이 되었다.〈별표 4〉

4. 결 론

전기한 연구결과를 요약하면

(1) 화약발파를 시작하기 전에는 필히 시험발파, 안전진단을 통해 공해 및 안전사고 발생요소를 면밀히 분석, 파악하여 발파공법, 천공방법, 사용폭약의 종류, 사용약량 등을 결정하고 이에 따른 적합한 안전거리의 설정, 안전덮개, 안전망의 사용, 필요시 웬스철망 설치 등의 안전조치를 완벽히 취하고 시공도중에도 안전조치의 엄밀한 실시여부와 계기를 사용한 측정 및 안전진단 등으로 규정된 기준치의 초과 여부를 수시로 확인하면서 공사를 진행시켜야겠다.

(2) 선진국의 발파진동 기준을 우리나라의 경우와 비교 분석해 볼 때 우리나라의 경우 발파진동 안전기준은 도심지에는 대체로 0.5cm/sec가 적당하고, 고주택, 아파트 등이 밀집된 지역이나 건물지반이 특히 약 한 곳은 0.2cm/sec를 적용함이 타당하다고 판단된다.

또한 도심지에서의 안전발파를 위한 터널공법으로는 주변 생활환경 소음진동 방지를 위한 심발

법으로 V cut를, 여굴방지와 미러시공동공사시 안전사고를 방지하기 위한 공법으로는 Finex를 이용한 Smooth Blasting공법을 권장한다.

(3) 상기 연구결과에 의하면 연화발사시 안전 거리는 3" 기준으로 최소반경 129m, 12"기준으로 최고 반경 200m로 설정하여야 한다. 또한 연화발

사시 발생되는 폭발소음은 80~100dB 정도로써 대량으로 장시간 발사시는 청력장해 등의 피해가 발생할 수 있으나 우리나라의 경우는 발사 총시간 이 대체로 30분을 초과하지 않으므로 관람자나 일반인들이 소음피해를 호소할 수준은 아니라고 결론 지을 수 있다.

〈별표 2〉

시간, 지역별 차등규제 기준

(소음과진동규제치)

	낮시간 (06:00-22:00)	밤시간 (22:00-06:00)
1) 도시주거전용지역, 녹지지역, 종합병원, 학교부지경계선 50m 이내 지역	60dB	55dB
2) 도시주거지역 및 준주거지역	65dB	60dB
3) 도시상업지역, 준공업지역	70dB	65dB
4) 도시공업지역, 전용공업지역	75dB	70dB
5) 산림보전지역, 자연보전지역, 관광휴양지역 및 취락지역중 주거지역	60dB	55dB
6) 취락지역중 주거지구 이외의 지역, 수산자원보전지역, 경기 지역, 개발촉진지역 등	65dB	60dB
7) 기타도시지역 밖의 공업지역	75dB	70dB

〈별표-3〉

소음의 허용농도(충격소음제외)

1일 노출시간(hr)	소음강도 dB(A)
8	90
4	95
2	100
1	105
1/2	110
1/4	115

주: 115 dB(A)를 초과하는 소음 수준에 노출되어서는 안된다.

〈별표 3-2〉

충격소음의 허용농도

1일 노출회수	충격소음의 강도(dB)
100	140
1,000	130
10,000	120

주: 1. 최대 음압수준이 140dB를 초과하는 충격소음에 노출되어서는 안된다.

2. 충격소음이라 함은 최대음압수준에 120dB 이상인 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하는 것을 말한다.

〈安全距離 設定例〉 88 올림픽 연화발사(폐회식)

