

화약산업의 발파 안전대책 -소음진동 및 안전거리 설정을 중심으로- A Study of the Safe Measure on the Gun Powder Industries

안 명 석*

1. 研究方法 및 範圍

본 연구는 국내외 문헌과 현장 데이터를 기준으로 하여 일부 외국 기술 자료를 인용 하여 정리 하였으며, 岩盤發破現場에서의 폭발사고에 대하여는 RION VM-12B, LR-04Recorder 등 소음·진동계를 이용한 안전진단 결과를 토대로 騒音振動에 따른 被害 및 防止對策을 위주로 기술하였고, 煙火發射現場에서의 一般安全手則과 Portable Sound Levelmeter를 이용한 폭음측정 결과를 토대로 한 爆發騒音 및 Transite를 사용한 측정치를 정리하여 落下安定距離 設定에 대하여 기술하였다.

2. 火藥의 消費推勢 및 災害實態

서기 660년경 화약 출현이후¹⁾ 알프레드 노벨의 다이나마이트 발명, 그리고 고려말 최무선의 화약 제조, 1953년 조선화약공판의 한국인으로서의 불하 폭약제조라는 역사를 거쳐 동남아에서 일본에 이어 폭약소비량이 년3~4만톤, 연화소비량이 년3~4만 발에 이르며 종류별 소비추세로는 85년 기준으로 일본의 경우는 일반폭약24%, 합수폭약 10%, ANFO 66% 이고, 韓國의 경우는 일반 폭약73.5%, 합수폭약 2.5%, ANFO24%이다.²⁾ 사용용도는 한국의 경우 종래의 炭鑛, 石灰石 및 一般鑛山위주(87년 기준 64.5

%)에서 최근에는 골프장 건설, 지하철 건설, 원유 저장소건설, 아파트건설등 建設土木現場에서의 사용량의 탄광 석회석및 광산(90년기준 40.6%)에서의 사용량을 앞지르고 있다.

재해율 역시 전산업 평균강도를 2.7에 비해 비교적 높은편이며 재해발생시에는 강도율이 보통 6이상으로 피해규모 및 사상규모는 매우 큰 편이다.³⁾

그리고 일본의 경우 발파작업중에 발생하는 사고를 요인별로 분석해보면 대피지연, 조기접근, 대피부적합, 암석낙하, 비석등의 안전지역으로 대피가 미흡했을때 41%로 가장높고 그다음이 불발및 잔류 25.9%, 작업중 11.4% 등으로 나타난다.³⁾

3. 火藥發破時 安全事故防止對策

3. 1. 發破公害의 一般의對策

(1) 發破公害의 發生 및 對策

發破振動은 발파총에너지의 0.5~20%가 彈性波로 변환되어 발생하는데⁴⁾ 이는 폭원으로 부터의 거리, 화약류의 종류, 장약량, 전색상황, 기폭방법, 자유면의 수, 전과경로, 지질조건, 성층상황등의 인자가 영향을 주므로 이러한 인자를 면밀히 분석하여 設計에 참고하여야 하며, 인체에 미치는 영향또한 개인차, 신체부위차, 노출방법의 차에따라 다르며 특히 그때의 주변 분위기나 個人感情에도 많이 좌우한다. 불파진동의 크기는 변위, 속도, 가속도의 세가지 척도중 振動速度가 구조물의 피해정도과

* 正會員 : 한국화약(주)

가장깊은 관계가 있으며 주파수 역시 많은 영향을 미친다.

騷音은 보통 천공작업시 발생하는 着岩機類 騷音과 파쇄암석의 처리를 위한 운반기구 즉 담보트릭등의 重機械類 騷音과 火藥爆發音이 있다. 화약을 폭발에너지의 일부는 自由面가까이서 탄성파가 공중으로 폭발소음으로되어 주위로 전파된다. 폭발소음은 폭원과 관측점간의 지형이나 구조물의 종류, 성질, 규모에 관계되며 風速및 風向에도 큰 영향이있다. 인체에 대한 영향으로는 불쾌감, 일상생활의 방해, 생식기능의 변화, 聽力障害등을 들수 있으며, 구조물에 대한 영향으로는 건축물의 構造, 材料, 新舊의 정도에 따라 차이가 있다.

爆風은 발파로 인한 암반자체의 변형, 지반진동이 대기중으로 전달되거나 발파공으로부터 방출되는 가스나 전색물이 대기중으로의 확산등으로 발생되며 이는 그때의 기후, 기압, 기온, 풍속및 측정방향에 따라 고려하여야 하며 크기는 공기의 압력으로 결정된다. 예를들면 유리창이 파손되는 정도의 폭풍 피해는 0.60g/cm²에 해당한다.

飛散粉塵은 주로 착암기류에 의한 천공작업시, 발파작업시, 파쇄암석의 적재시 발생하며 습식 착암기의 사용, 집진장치의 설치, 살수작업, 방진 마스크착용 등으로 억제 또는 방지할수 있으나 완전한 제거는 곤란하므로 다소작업에 주의를 요한다. 또한 발파시 발생하는 飛石은 안전사고에 가장 직접적인 요소로서 진색불충분, 암반의 균열, 암석의 강도저하, 천공각도 착오로 장약의 국부적 집중, 점화순서착오 및 지나친 지발시간, 과장약등으로 발생되며 상기 요인을 천공및 장약량의 조정및 개선을 통해제거하고 안전매트로 발파부위를 엄밀히 덮는다거나 안전망을 설치하는등의 조치로 관심을 집중시 대부분 예방할 수 있다.

(2) 發破 騷音振動 輕減方法

최근에는 도심지에서 건물신축 부지마련을 위한 노천암반발파, 터널굴착 발파, 가동중인 중요시설물 가까이에서의 발파등으로 소음진동에 대한문제가 심각해지고 있다. 또한 환경보존관계법령중 騷音振動規制法에서는 올해부터 1일 200kg이상의 폭약을

사용시 폭약 사용개시 7일전 까지 市道知事에게 申告해야하는 의무규정의 제정등 점차 복잡해지고 있다.⁵⁾ 하지만 공사 또한 소정의 공기내에 마쳐야 하는 어려움이 있기 때문에 시공공법과 함께 經濟性도 충분히 고려되어야 한다.

일반적으로 소음진동을 경감시키기 위해서는

첫째 : 劑發效果로 진동을 줄인다. 즉 DSD, MSD (DeciSecondDetonator, Milli SecondDetonator)등의 단발뇌관⁶⁾이나 비전기식뇌관을 사용한다거나 Nissan MS발파기, Sequential발파기등의 다단식발파기를 사용한다.⁷⁾

둘째 : 低比重, 低爆速 火藥을 사용하는 방법인데 Decoupling효과를 이용한 Smooth Blasting발파법에서 Slurry, Finex 爆藥의 사용이나 고열의 고압 가스 발생으로 충격과의 발생없이 피폭물이 파쇄되어 진동, 폭음, 비석등을 감소 시켜주는 Concrete破砕器를 사용할 수 있다. CCR의 경우 동일약량의 다른 폭약에 비해 진동폭음이 약1/2~1/10정도가 감소된다.⁷⁾

그리고 화약이 아닌 화학물질을 이용한 無振動破砕藥品 즉 Calmmite, Bristar, 무성파쇄제등을 들 수도 있다.

셋째 : 적절한 最小抵抗線과 裝藥量을 가지고 가급적 많은 자유면을 이용한 발파공법의 사용. 즉 階段式發破法을 들수있다.

그리고 실용적이진 못하지만 폭원과 진동을 받는 물체의 중간지점에 도랑을 굴삭하는 방법등으로 파동의 電波를 遮斷시키는 방법도있다.

또한 爆發音을 輕減시키는 방법으로는

첫째 : 土提등을 쌓아서 폭음의 전파경로를 막는 다.

둘째 : 風向, 風速의 흐름을 이용하여 전파강도를 분산시킨다.

셋째 : 遲發電氣雷管이나 多段式 發破器를 사용하여 발생음 자체를 분산시킨다.

3. 2 岩發破시 安全對策

(1) 安全基準

美國의 경우 발파작업에 따른 발파진동 안전한

〈표-1〉 서울지하철 인접건물에 미치는 발파진동 허용치

구분	1	2	3	4
건물분류	문화재	주택, 아파트(실금이 나타나 있는 정도)	상가(금이없는 상태)	무근콘크리트 빌딩 및 공장
건물기초에서의 허용진동치(cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0-4.0

계는 보통 5.0Kine,^{6, 15)} 日本의 경우 1.0Kine 정도로 선정하고 있다. 우리나라의 경우는 서울 지하철 건설시 발파진동 허용치는 〈표-1〉과 같이 適用하였다.^{6, 9)}

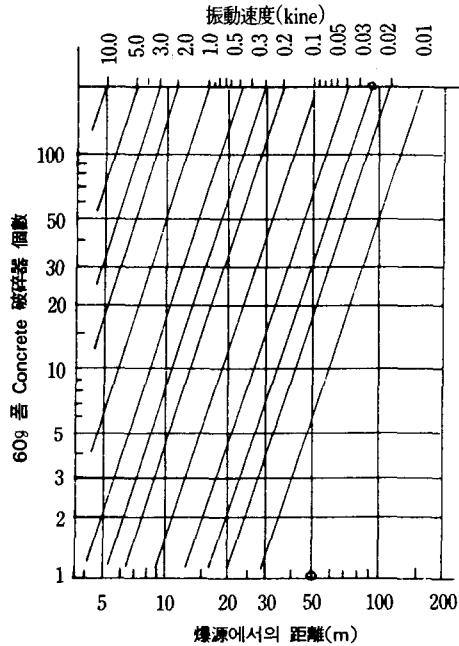
이 규정을 적용시 일반적으로 주택이나 아파트가 있는 都心地에서의 發破振動 許用値는 0.5cm/sec이다. 이 수치는 인간의 감각으로는 진동을 별로 느끼지 못하고 물 그릇에 물을 떠놓았을때 잔물결이 생길듯 말듯하는 정도에 해당한다. 또한 건물이 아주 密集된 곳이나 지반이 특히 弱한 곳에서는 0.2cm/sec면 충분하다고 할 수 있다.

(2) 安全距離 設定方法

암석의 종류를 크게 3대별하면 火成岩, 堆積岩, 變成岩으로 나눌수 있다. 지각은 화성암이 95%를 차지하고 있으며, 서울지역의 지반은 대부분 화강암과 편마암으로, 부산경남지역은 Andesite와 片磨岩으로 이루어져있다.

발파진동 추정공식은 화강암의 경우 $V=KW0.57D-1.7$, 편마암의 경우 $V=KW0.5D-1.5$ 를 적용하며,⁸⁾ 콘크리트파쇄기(CCR)를 사용하여 발파를 할 때는 $V=7W0.5D-1.75$ 를 사용하거나^{9, 7)}(그림1)을 이용하여 安全距離를 推定 할수 있다.

발파안전을 위해서는 시공전에 일단 암질과 주변상황을 판단하여 시험발파를 거쳐 암석과 화약의 특성을 파악하고 적합한 산출식과 폭약사용량을 정하고 역산하여 이에 알맞는 최소 안전거리, 발파당 폭약사용량의 한계, 안전망, 덮개 사용, 필요시 웬스철망설치등의 조치를 취한다. 또한 시공도중에도 안전조치의 엄밀한 실시 여부와 발파진동치의 측정 및 기준초과여부를 확인해야 할것이다.



(그림) 콘크리트 파쇄기의 약량과 진동속도와의 관계

(3) 터널發破時 安全對策

최근 도심지에서의 터널굴착은 소음진동등 생활환경 침해에 대한 민원발생 숫자가 급속히 증가하고 있다. 이를 방지하기 위한 안전 대책으로 폭음진동에 가장 큰 영향을 미치는 심발발파의 종류와 그 선택법, 여굴 및 낙반 안전사고를 방지하기 위한 공법인 정밀면발파법을 권장하면서 다음과 같이 요약 정리한다.

가. 芯發 發破

터널 발파시 심발발파는 매우 중요한 기술중 하

나인데 평형천공으로 천공비를 절감시키고 굴진속도를 가속화시킬수 있는 Burn cut, No cut round, Coromant cut, Cylinder cut등과 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 Cut등이 있다.

이중에 소음진동, 폭풍, 충격등이 우려되는 현장에서의 안전발파를 위해서는 V-Cut법을 권장한다. V-Cut법은 천공 장비의 빈약, 정밀천공 기능이 다소 부족한 현장에서도 사용이 가능하며 대체로 터널의 폭이 상당히 넓고 진행장이 길때 사용한다. 또한 단면의 폭이 5m이상 일때 매우 효과적이다. 천공 각도는 60도 이상이라야 경제적이고 심빼기 단면은 1.4×1.4m²이 표준이다.¹⁰⁾

나. 터널 精密面 發破

1970년 이후 터널이나 지하공동발파공법으로써 정밀면 발파법(Smooth Blasting)이 거의 표준화 되어있다.¹⁰⁾ 이 공법은 경부고속도로공사 시공중에 Atlas Compressor 장비 도입시 문헌과 외국 기술자의 도움으로 Pre-splitting 공법을 처음으로 시도 하였으며 그이후 남해고속도로 공사에서 시공하여 안전사고방지에 좋은 결과를 얻었다.

사용폭약은 서전 Nitro Nobel사의 Gurit, Nabit와 일본의 Urbanit, ChitaGel, 우리나라에는 Finex1, Finex2등이 있다.

정밀면 발파의 잇점으로는

- (1) 주변암의 균열을 극소화 시켜 강도를 증가시킨다.
- (2) 과파파에 의한 여굴 예방과 처리비를 감소시킨다.
- (3) 낙반등으로 인해 발생하는 안전사고를 예방할수있다.
- (4) 주변암 지지보강 공사비와 콘크리트 주입량을 절감시킨다.
- (5) 정밀하고 미려한 시공을 할 수 있다.

(4) 安全距離 設定 實例

가. (실례1)

1987년 11월 4일 B시 J동에서 암질은 편마암(K=44)이고 사용폭약은 다이나마이트 28mm로써 1천공당장약량 2.7kg, 거리 70m에서 MS발파시 Rion VM12B, LR04레코더로 측정시 0.12cm/sec의 진동이 측정되었다.¹¹⁾

$$0.5 - 1.5$$

발파진동공식 $V = KW D$ 를 사용하여

$$\text{안전거리 } D = -1.5 \sqrt{\frac{V}{KW0.5}} = 27.55\text{m}$$

$$(V = 0.5\text{cm/sec})$$

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

나. (실례2)

<표-3> 일본의 예⁶⁾

발파작업장	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
	3호동다이나마	0.8	83	0.078	94
愛知縣 T宅造地 (凝灰岩)	3호동다이나마	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

3. 3 構造物 解體爆破시 安全基準

폭약을 사용하는 구조물의 해체 작업은 구미에서는 이미 실용화되고 있으며 우리나라도 이제는 고층빌딩 아파트등 노후된 건물의 철거를 위해 H 회사, D엔지니어링등 수개의 업체가 구조물 해체 기술에 대해 적극적으로 연구중에 있다. 외국의 경우에는 미국의 BROCO, CDI, EDL, 스웨덴의 NC등 대부분 건물폭파 전문회사들은 20년 이상의 건물 해체 경력을 가지고 있으며 이들의 구조물 해체시의 안전대책은 각사에 따라 조금씩 다르지만 대체로 해체될 구조물로 부터 반경 15m이상을 안전기준으로 하여 설계, 시공하고 있다.

구체적으로 CDG의 경우는 소음진동 규제대책으로 발사 지점으로 부터 14m에서 진동은 5Kine, 폭발압은 160dB로 계획, 시공하고 있다.¹²⁾

3. 4 煙化發射시 安全距離

(1) 安全基準

-연화발사 안전수칙 15훈 -^{13, 14, 3, 6)}

1. 연화발사장소의 안전거리는 발사장소로 부터 반경 200m이상을 둔다.
2. 연화발사장소로 부터 풍하 20m이내에서는 흡연등의 화기취급을 하여서는 아니된다. 풍상 방향에서는 절대 금한다.
3. 발사작업자등 연화를 취급하는 자는 음주를 하고 작업에 임하여서는 안된다.
4. 연화를 사용하고자 하는 장소의 부근에는 소화작업에 필요한 소화기, 방화수, 소방차및 구급차를 필히대기하고, 우천이나 강풍시에는 발사작업을 중지한다.
5. 연화발사포를 설치시에는 원형의 변형여부등을 확인하고 설치시 지면과 수직으로 밀착되도록 고정하고 발사시 충격으로 넘어지지 않도록 설치한다.
6. 사용전에는 향시 연화에 부착된 속화선및 발사약의 흡습과 변형여부, 발사포의 변형여부등을 점검한 후에 작업을 임한다.
7. 연화를 발사포에 장진할때는 소량씩은반하여

발사포를 들여다 보지말고 비껴서서 1발씩 천천히 발사약 밑부분이 정확히 포 중심이 되도록 장진한다.

8. 발사작업자는 안전모, 귀마개, 안전장갑, 방열복, 안전화를 착용하고 작업복은 발사작업에 적합한 것을 입어야한다.
9. 발사자는 특별한 경우를 제외하고는 1명이 점화하여야하며 점화원은 점화자가 직접 취급하고 관리한다.
10. 발사자는 최대한 낮은 자세로 점화하고 점화 여부를 확인 즉시 허리를 굽힌 상태에서 신속히 5m이상 대피한다.
11. 발사시에는 풍향에 의한 불티의 날림을 확인 하면서 작업에 임하여야 한다.
12. 연화 적재장소에는 감시자를 두고 화기에 의한 발화, 폭발이 되지않도록 각별히 주의한다. 특히 위험지역내에는 외부인 출입을 철저히 통제한다.
13. 연화를 장진한 후에는 불연성 시트로 덮어놓는다.
14. 연화발사포에서 연화가 발사되지 않았을 경우에는 다량의 물을 주입하고 발사작업이 완전히 끝난후 10분이상 지난후에 조심스럽게 회수한다.
15. 발사완료후 불발연화 혹은 미연소 화약류가 발견시 즉시 회수하고 주변을 철저히 수색하여 완전히 회수조치하여 물에넣는등 안전하게 폐기처리를 하여야 한다.

(2) 安全距離 設定方法

장진된 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 관계법에 의하면 지상으로 부터 20m이상의 높이에서 개화되면된다.¹⁴⁾ 그러나 통상 국내에서 사용하는 연화는 최저 100m에서 최고300m 상공에서 개화된다. 또한 발사시 평균상승 속도는 약 66m/sec이다.¹³⁾ 그러므로 발사고도에 따른 안전성은 충분하다고 할 수 있다.

〈표-5〉 연화발사시 규격별 낙하 안전거리

구분	규격	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	비고
연 화 직 경 (mm)		68	94	115	142	178	231	273	* Factor 적용방법 * 상승고도 50m이하 일때 F=1.1 100m이하 F=1.2 150m 〃 F=1.3 250m 〃 F=1.4 350m 〃 F=1.5 450m 〃 F=1.6 600m 〃 F=1.7 750m 〃 F=1.8 900m 〃 F=1.9
상 승 고 도 (m)		100	130	150	180	200	250	300	
산 출 안 전 거 리 (m)		99	102	105	110	113	123	133	
적 용 안 전 거 리 (m)		129	133	147	154	158	185	200	
실례		일본에서 5" 연화 발사실험중 80m지점에서 흑옥이 발생된 보고예가 있음							

〈표-6〉 연화발사시 폭발소음 측정치

(단위 : dB)

일 시	측 정 횟 수								평 균
	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	
85. 1. 31 16 : 00밝음 (폭발음)	95	95	95	100	107	105	93	97	98.4
상 동 (발사음)	89	90	90	91	90				90

그리고 낙하시 안전거리는 발사고도 계산식

$$H = \tan\theta \times L \text{과}^{3, 13)}$$

(H : 발사고도 θ : Transit 측정각도

L : 발사포와 측정지점간의 거리)

낙하안전거리 계산식 $2(C = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab\cos\theta})$ 를 사용하여 규격별 낙하안전거리를 계산하면 〈표5〉와 같이 최소 129m 내지 최고 200m가 된다.

(C : 발사지점과 개화점간의 수평거리 a, b : 측정 위치와 개화 점간의 거리)

또한 300m거리에서 독일제 Portable Sound Level Meter로 dB(C) 특성치로 폭발음을 측정시 〈표-6〉과 같이 평균 98.4dB로 소음진동규제법에 의한 생활 소음규제기준에는 초과되나¹⁴⁾ 충격소음 허용농도기준에는 미달된다.

(3) 安全距離 設計 例

88서울 올림픽 폐회식 경축행사시에 발사된 6000발의 연화는 세계각국의 많은 귀빈이 참석한 관계로 특히 안전발사에 대해 많은 노력을 기울였다. 3개소에서 분할하여 발사된 연화는 설치작업 안전거리는 반경75m, 발사시 안전거리는 반경200m로 설계하여 안전하게 성공적으로 발사를 완료함으로써 우리나라의 연화발사기술과 안전관리 측면에서 한층 성숙된 면모를 세계에 과시한 역사의 한장이 되었다.

4. 結論

전기한 연구결과를 요약하면

(1) 火藥 發破를 시작하기 前에는 필히 試驗發破, 安全診斷을 통해 공해 및 안전사고 발생요소들을

면밀히 분석, 파악하여 발파 공법, 천공방법, 사용 폭약의 종류, 사용약량등을 결정하고 이에 따른 적합한 안전거리의 설정, 안전덮개, 안전망의 사용, 필요시 펜스철망 설치등의 安全條置를 완벽히 취하고 시공도중에도 안전조치의 엄밀한 실시여부와 計器를 사용한 측정및 안전진단등으로 規定된 基準値의 超過 如不등을 수시로 확인하면서 공사를 진행시켜야겠다.

(2) 선진국의 발파진동 기준을 우리나라의 경우와 비교 분석해볼때 우리 나라의 경우 發破振動 安全基準는 도심지에는 대체로 0.5cm/sec가 적당하고, 고주택, 아파트등이 밀집된 지역이나 건물지반이 특히 弱한곳은 0.2cm/sec을 적용함이 타당하다고 판단된다.

또한 도심지에서의 안전발파를 위한 터널공법으로는 주변 생활환경 소음진동 방지를 위한 심발법으로 V cut를, 여굴방지와 미려시공등 공사시 안전사고, 소음진동을 방지하기 위한 공법으로는 Slurry, Finex폭약을 이용한 Smooth Blasting공법을 권장한다.

(3) 연화발사시 안전거리는 3기 기준 최소반경 129m, 12기 기준 최고반경 200m로 설정하여야 겠다.

또한 연화발사시 발생하는 폭발소음은 80~100dB정도로서 대량으로 장시간 발사시는 聽力障害등의 피해가 발생 할 수 있으나 우리나라의 경우는 발사 총시간이 대체로 30분을 초과하지 않으므로 관람자나 일반인들이 소음피해를 호소 할 수준은 아니라고 결론 지을수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 金鎮學. 최신 火藥發破 總整理. 세문사, 1985. p14-16
- 2) 金熙昶. 火藥工業의 現況과 展望. 총포화약안전기술협회. 계간 銃砲火藥. 1991秋. 제5호 p.12. 13
- 3) 孫仙官의2인. 火藥의 爆發事故防持를 爲한 安全對策에 對한 研究. 대한화약기술학회. 火藥發破. Vol. 5, No.2, Dec30, 1987. p.11
安明碩. 화약산업의 재해분석및 안전대책에 관한 연구. 동아대학교 석사학위논문. 1987. p.21,

- 17, 28, 43, 45, 46
- 4) 金載極. 産業火藥과 發破工學. 서울대학교 출판부. 1988. 8. 25. p371, 379, 380, 384.
- 5) 環境關係法規. 전국환경관리 인연합회편. 홍문관. 1991. 5. 28.p. 924, 925, 989, 992, 1036
- 6) 安明碩. 대한화약기술학회. 화약발파. Vol. 7. No.3, Sept, 30. 1989. P15 17, 18, 20, 16.
- 7) 李在善. 저진동의 발파공법. 총포화약안전기술협회. 계간총포화약 1991夏. 제4호. P.18, 17.
- 8) 許鎮. 서울지하철 3, 4호선 발파작업표준화. 대한화약기술학회. 火藥發破. Vol.5, No.2, Dec30. 1987. P.33, 34.
- 9) 許鎮. 정밀발파의 표준화, 대한화약기술학회. 火藥發破. Vol. 8, No.3 Sept, 30, 1990. P.11, 6.
- 10) 姜井山. 안전정밀터널과발파기술. 1981. 7. p. 4, 6, 8, 21, 23.
- 11) 총포화약안전기술협회. 대한조선공사 장림현장 시험발파. 1987. 11. 4
- 12) 대한(전문)건설협회 부산직할시지부. 건축물 해체공법 신기술 세미나 교재. 1988. 6. 2. P.30
- 13) 許鎮, 安明碩. 안전한 불꽃놀이를 위한 고찰. 한국기술사회. 技術士. Vol 20 Np. 1, MAR. 1987. P. 21, 22, 27, 25, 26.
- 14) 銃砲刀劍火藥類等 斷束法規集. 치안본부, 총포화약안전기술협회. 1990. 8. 13.p90, 91, 92
- 15) 李正仁의 1명. 발파작업에 의한 지반진동의 지상구조물에 미치는 영향에 관한 연구. 大韓鑛山學會誌; Vol. 16. 제1호. 1979. p. 44.
- 16) 李慶雲의 2명. 화약, 암석강도및 발파류형이 발파진동에 미치는 영향. 大韓鑛山學會誌. Vol. 21. 제4호. 1984. p. 335, 336.
- 17) 工業火藥 핸드북. 日本工業火藥協會
- 18) 火藥類의事故例と解説. 全國火藥類保安協會.
- 19) Rock Blasting. U.Langefors and B.Kihlstrom.
- 20) Fireworks Principles and Practice. Lancaster.