
민원발생시 발파진동·소음의 처리사례에 관한 연구

Case Study of Blasting Vibration and Noise in Public Resentment Area

안명석* · 최영천** · 박종남*** · 목연수****

Abstract : It is indispensable to cause vibration, noise and dust to blasting and breaker operations. Since the control of these factors is supposed to be extremely difficult, the claim of compensation for material and mental damages are getting increased.

Economically feasible blasting operation with controlling vibration and noise can be achieved by establishment of science-based plan, accurate operation and responsible inspection, and the application of efficient management system. It must also be remarked that the relevant applied without prejudice by the operator, and the law and regulation should be applied without prejudice by the authority concerned.

In addition, the public claim against operators should be investigated in detail and the prosecution should be made under the careful onside-ration of scientific and reasonable conception.

Finally, it is strongly suggested that the operations, public and authorities should make great efforts to develop higher technology in order to expand our construction market, to overseas.

1. 서 론

현재 우리 나라에는 다양한 사회간접자본의 건설이 많이 이루어지고 있는데, 이로 인한 진동과 소음문제로 민원이 끊이지 않고 있는 실정이다. 이 과정에서 진정한 민원피해의 발생 여부를 가릴 수 있는 기준이 설정되어야 한다.

발파에 의한 진동과 소음은 비상시성공해

원으로서 발생즉시 다른 오염과는 달리 지속성이 없다. 그러나, 발파작업시 발생하는 진동과 소음은 건물에의 영향과 사람의 감각으로 직접 느낄 수 있다는 점에서 진위여부를 알 수 없는 민원이 많이 발생되고 있다. 또한 진동과 소음, 비산, 먼지 등과 함께 복합 민원을 일으키는 경향도 있다.

도심지 중심부에서의 건축물 해체작업, 지하

* 동서대학교 응용공학부 겸임교수
** 상지대학교 자원공학과 교수
*** 동아대학교 자원공학과 교수
****부경대학교 안전공학과 교수

터파기, 지하철 굴착공사, 전력구 굴착공사, 신규도로 개설공사, 및 도로확장공사, 골프장 조성공사, 입산도로개설공사, 공단조성, 정지작업, 수중 및 댐공사, 석산개발 등에 민원의 소지가 있으며, 브레이커작업, 향타작업 등의 기계작업으로 인한 진동, 소음, 분진공해등도 정신적인 피해주장으로 법정으로까지 소송이 제기되는 경향이 있으며, 발파작업으로 인한 진동 및 소음공해는 구조물에 대한 피해유무 논란 등으로 공사중단 및 강행으로 행정소송 등의 점차 복잡한 양상을 띠고 있다.

기술부재 및 법과 질서의 부재현상인지, 또는 그럴 수밖에 없는 상황인지, 기술적으로 해결가능 여부를 알아보고, 발파작업으로 인한 피해와 처리 사례를 정리하고자 한다.

II. 진동·소음 규제기준

1. 외국의 규제기준

① 구조물에 대한 진동 규제기준

발파로 인한 구조물의 피해는 대상 구조물에 따라, 나라에 따라 다양하며 여러 실험결과와 보고 및 기준을 소개하면, 스웨덴의 Langfors는 7cm/sec 이하에는 건물의 피해가 없다고 보고하였으며, 캐나다의 Edward와 Northwood는 5cm/sec를 허용한계로 제시했고, 미 광무국은 5cm/sec를 제시했었다.

또한, Esteves는 지반조건이 좋지 못한 경우 0.25cm/sec 내지 구조물의 경우 6cm/sec를 허용진동치로 보고하였다.

Siskind는 진동속도에 대한 주파수의 영향을 고려하여 주파수 40Hz 이상은 5cm/sec로 허용치를 낮추어 적용할 것을 보고하였다. 또한, 독일에서는 1986년 기존의 안전기준을

완화하면서 주파수별로 세분하여 Table 1과 같이 허용진동치를 재설정하였다.

Table 1. Allowable limit of blasting Vibration in Germany(Revised 1986)

건물종류	진동기준(cm/sec)		
	주진동주파수		
	10Hz	10~50Hz	50~100Hz
민감지역	0.3	0.3~1.5	0.8~2.0
주택지역	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0
공업지역	2.0	2.0~4.0	4.0~5.0

※ 독일의 DIN 4150 규정

② 발파풍압(소음)에 대한 규제기준

발파진동에 의한 영향에 비하면 발파풍압이 구조물에 미치는 영향은 크지 않다.

그러나 구조물보다 감수성이 예민한 인체의 경우 불쾌감을 느끼고, 심하면 이명(귀울림), 난청, 고막파손을 일으키기도 한다.

미 광무국의 연구결과에 의하면, 시설물에 영향을 미치지 않는 발파풍압은 129-134dB이라고 한다(유리창파손 : 160 dB)

인체에 대한 영향으로는 일본의 연구 결과에 의하면 120dB에서 고통을 받기 시작하고, 150dB에서 고막이 손상된다고 한다.

Du Pont사에서 제안한 인체에 영향을 미치지 않는 음압수준은 115dB이다.

2. 우리나라의 적용(설정) 예

① 진동 안전기준

우리나라의 경우는 발파진동에 대한 규제기준은 설정되어 있지 않다. 서울·부산의 지하철 건설시 자체기준을 설정하였으며, 실금이

있는 주택, 아파트의 경우 0.5cm/sec를 적용하였을 때 양호한 결과를 얻을 수 있었으며, Table 2와 같이 노동부 고시 94-26에서 발파작업 표준안전작업지침으로 채택되었다.

Table 2. Allowable limit of Blasting Vibration for Subway Construction in Seoul, Pusan and Daegu.

구분	I	II	III	IV
건물분류	문화재	주택·아파트 (실금이 나타나 있는 정도)	상가(금이 없는상태)	무근콘크리트빌딩 및 공장
건물기초에서의 허용기준치 (cm/sec)	0.2	0.5	1.0	1.0~4.0

※ 주파수는 100Hz 이하에서 통용
 ※※ 노동부고시 94-26호 발파작업표준 안전작업지침
 ※※※ 서울·부산·대구 지하철 공사시 발파진동 허용기준

서울대학교 공학연구소 이정인 교수의 연구 결과보고서에 의하면 정상적인 지상구조물의 경우 2.5cm/sec를 한계허용 진동속도치로 설정하였을 때 충분하다는 결론을 얻었다. 또한, 그 주파수의 영향을 고려하여 10-35Hz에서는 1-2cm/sec, 35Hz이상에서는 5cm/sec를 허용기준으로 제시한 바 있다.

② 음압(소음) 안전기준

우리나라의 경우 소음·진동규제법에 의하면 생활 소음규제기준의 경우 45-80dB(A)로 설정되어 있고, 공사장의 건설 소음규제기준의 경우 55-75dB(A)로 되어 있으며, 주간(한해 소음발생시간(작업시간)이 1일 2시간 미만일 때는 +10dB(A), 2시간 이상 4시간미만일 때는 +5dB(A)를 보정함.

3. 진동·음압·소음 기준제시(案)

구조물(가옥건물등)의 물리적인 피해여부를 판단할 경우는 진동의 경우 0.5cm/sec, 소음의 경우 건설소음규제 기준의 55-75 dB(A)을 일반적으로 적용하며 폭풍압의 경우에는 물리적 피해여부를 측정할 경우나 심리적 피해여부를 판단할 경우 주변압소음이 측정소음보다 더 큰 지역은 음압기준(dB)을 적용한다. 건설현장의 진동·음압·소음기준의 적용 예를 들면 다음과 같다.

구분	허용 기준치	비고
진동(cm/sec)	0.5	주거지역에 적용 예
음압(dB)	120	
소음(dB(A))	85	

4. 발파진동·소음의 저감기술

4-1 발파기술상 저감방안

- ①장약량을 안전발파한계 이내로 감소시키거나 분산 발파한다(지발전기뇌관, 비전기식 뇌관 및 다단식 발파기 사용)
- ②한 발파당 굴진장을 감소시키거나 단면을 분할 발파한다.
- ③가능한 최소저항선과 공간격을 축소시킨다.
- ④측면발파는 약경을 천공지름에 비해 작게 하는 디커플링 효과를 이용한다.
- ⑤심빼기 발파는 MS 뇌관을 사용하거나 이중심빼기를 시행한다.
- ⑥벤치발파에서는 벤치의 높이를 줄이거나 천공지름을 작게 하여 지발당장약량을 감소시킨다.
- ⑦진동의 전파경로에 절리, 층리를 두거나 인

공적인 균열이나 도량을 설치하여 전파되는 탄성파를 흡수 감소시킨다.

⑧암반중에 천공이나 균열을 주어 발생, 전달되는 지반진동을 흡수, 차단시킨다. (PRE-SPLITTING, LINE DRILLING).

⑨기폭방법은 가능한 정기폭보다는 역기폭을 사용한다.

⑩풍화암, 절리 등이 있는 불량한 암반에는 폭발가스가 분출될 우려가 있으므로 천공 및 전색에 주의해야하며 우수한 전색물을 사용한다.

4-2. 화약사용에 의한 저감방안

①저폭속, 저비중의 에멀전폭약이나 함수폭약, 초안폭약, 미진동파쇄기(진동경감에는 유효하나 발파효과는 나빠진다)등을 사용한다.

②장약량을 안전발파한계 이내로 감소시키거나 분산발파한다. (지발전기뇌관, 비전기식 뇌관이나 DSD 뇌관을 사용하여 발파진동, 소음을 분산한다(MSD 사용시 동수, 동약량의 제발발파에 비해 진동을 1/3이하로 줄일 수도 있다고 보고되어 있다).

③발파공수가 적거나 약 70-100공의 부분 발파일 때는 MSD와 DSD를 조합한 전기 뇌관을 사용하고, 약 100공 이상으로 발파공수가 많거나 전단면 발파일 때는 비전기뇌관(HINEL, EXEL, NONEL) EH는 다단식발파기를 사용한 발파패턴을 설계한다.

④약장약은 발파효과가 감소되고 과장약은 진동과폭풍이 증가하면서 과파쇄가 비산을 일으키므로 진동·소음 감소를 위해 가능한 도폭선 사용을 피한다(필요시 목토 또는 발파매트 등을 사용하여 소음방지대책을 취한다).

4-3. 작업조건에 의한 저감방법

①발파대상 암반의 동류, 강도, 규모등의 특성을 파악하고 주변지형과 지질, 보안 건물과의 거리, 풍속, 풍향 등을 고려하여 발파설계를 한 후 시험발파를 시행한 후, 그 결과를 참고하여 설계를 재조정한다.

②착암작업시 발생하는 소음의 외부유출 감소를 위하여 방진카바 사용, 그라스울, 스폰지, 담요, 스티로폴 등 구하기 쉽고 설치하기가 간단한 흡음재를 사용한다.

③착암작업시 작업자에게 귀마개, 귀덮개등의 방음보호구를 꼭 착용토록 하고, 장시간 작업시 작업시간 조정이나 휴식시간을 두도록한다.

④소음발생이 심하거나 병원, 학교 등 주요보안물건이 있을때는 방음 울타리나 방음벽을 설치하고 흡음재를 부착하는 등 특별한 대책을 세우고, 필요시에 전문 소음방지 시설업체를 통한 전문 차음시설을 하고 작업시간을 조절한다.

⑤착암작업과 발파작업 중에도 작업소음을 정기, 비정기적으로 측정하고 주기적으로 청력검사 등을 한다.

⑥발파음은 가압, 풍향등과 밀접한 관계가 있으며, 10-20dB정도 증감된다는 보고가 있으므로 발파 작업시에는 일기 관계도 충분히 고려하여야 한다.

4-4. 진동저감을 위한 발파사례

① 장소 : 녹산국가공단

② 일자 : 1996년 1월-3월

③ 시험폭약 : ANFO · 다이너마이트 · 비 전 기식뇌관

④ 발파내역(Table. 3)

⑤ 시험결과(Table. 4)

⑥ 결과

시험결과치를 분석해보면 진동치와 파쇄도는 아래와 같다.

ㄱ) 진동치

2 charge <1charge <2charge <Toe hole 장약(시험2) (시험1) (시험2) (시험4)

발파시 초시배열은 기본적으로 앞서 제시한 공간, 열간격 초시를 기준으로 하였으며, 현실적으로 분리장약에 따른 뇌관수 증대와 장약시 불편함등이 뒤따르나 현장에서 적용시에는 진동치가 기존 방법보다 5%정도 높으므로 민원 지역에서는 고려해 보아야할 것이다.

ㄴ) 파쇄도

1charge <2charge <2charge <Toe hole 장약(시험1) (시험3) (시험2) (시험4)

Table 3. Test Blasting

	장 약	화 약	공당장약량	천 공	비 고
시험1	One charge	HIMITE ANFO NewHINEL	3kg 20kg 계:3500kg	천공장 9.0m 저항선 2.0m 공간격 2.5m	2공구 DS 개발 0.32kg/m'
시험2	분리장약(Two Deck Charge)	HIMITE ANFO NewHINEL	3kg 30kg 계:1635kg	천공장 9.0m 저항선 2.0m 공간격 2.5m	SA건설-SB중기 0.32kg/m'
시험3	분리장약(Two Deck Charge)	HIMITE ANFO NewHINEL	5kg 32kg 계:3870kg	천공장9.0-12m 저항선 2.0m 공간격 2.5m	HD건설-SS토건 0.32kg/m' 압량 : 1160m'
시험4	Toe Hole 장약	상단, HIMITE HIMITE NewHINEL ANFO NewHINEL 하단 HIMITE	3kg 20kg 8kg 계:1300kg	천공장 9.0m 저항선 2.0m 공간격 2.5m 1duf 천공장 9.0m 저항선 2.0-2.5m	SA건설-SB중기 0.32kg/m' 압량 : 4100m'

Table 4. Result of Test Blasting

	횟 수	압 량(m')	파 쇄	진 동 치	비 고
시험 1	10회	10,800	1m'미만 80-82% 2차 파쇄 30cm'	300m 거리 0.21 Kine 0.22 Kine	2공구 DS 개발 0.32kg/m'
시험 2	2회	5,400	1m'미만 82-85%	0.20 Kine 0.18 Kine	SA건설-SB중기 0.32kg/m' 압량 : 5400m'
시험 3	2회	11,600	1m'미만 85-87%	0.23 Kine 0.21 Kine	HD건설-SS토건 0.32kg/m' 압량 : 1,160m'
시험 4	2회	3,200	1m'미만 86-88%	0.23 Kine 0.24 Kine	SA건설-SB중기 0.32kg/m' 압량 : 4,100m'

4-5. 민원처리 사례

1) 대구 도심지에서의 사례

(1) 공사 개요

- 개 요 : 고층건물이 인접한 지하터파기공사장으로써 시가지 주택, 상가, 호텔 등이 최근접 2.5m~13m 지점에 산재해있고 70m, 10m, 4m의 도심지대로와 이면도로가 공사장에 접해 있으며 인접고층건물에서 20억원의 공사 동의금을 요구하고 있는 현장임.
- 공사기간 : 1997. 3. 19~7.7(111일간)
- 건축규모 : 지하 3층, 지상 8층 철골 철근 콘크리트
- 발파암량 : 17000m³

(2) 터파기공사의 단계적 추진방법

- 1단계 : 브레이커작업 - AI 방음벽 설치 및 소음차단시설설치, 풍화암층 브레이커로 터파기 시행
- 2단계 : 발파작업 - 연암 보통암층제어안 전발파실시, 소음·진동 계측관리
- 3단계 : 무진동공법 - 민원건물 20m 이내 비폭성 파쇄제 사용을 공기 10~20% 증가

(3) 발파작업 진행 상황

- 1단계 : 동의서 대신 발파영향평가 및 설계도 제출로 화약류 사용허가득함.
- 2단계 : 시험발파로 제어안전발파공법 및 무진동공법 구간 확정
- 3단계 : 실시설계에 의한 발파시행 및 인근 건물에서 발파소음·진동측정, 보고서 작성
- 4단계 : 측정결과 분석 및 안전 유무확인 - 총 2187회 발파진동 측정결과 0.02~0.33Kine으로써 노동부 진동안전기준 0.5 Kine 이내에 해당하였으며 안정적이었음.

(4) 민원진행 및 처리결과

① 진행상황

- '96. 9 : 건설소음 진동분진에 대한 손해배상 접수(1일 100만원 요구)
- '96. 11 : 발파허가 제출서류 중 동의서 제출을 위한 보상금액 10억 요구
- '97. 3 : 동의서 대신 발파영향 평가서로 대치하여 시험발파 허가 득함
- '96.3.20~7.7 : 발파실시 및 계측결과 안정적으로 완료함
- '97. 6 : 손실주장 4억 요구, 법원 조정 2억 협의절충 권고
- '97. 7. : 시공자는 1억이내일 경우 협의의사 밝힘.

② 처리결과

- 전문가에 의한 발파영향평가, 시험발파, 계측관리로 발파 불가지역이란 인식을 가능지역으로 의식변화시킴
- 정밀시공, 적합한 공법선정·시공으로 2.5m 인근 7층 고층건물에 아무런 피해없이 공사를 완료하여 수십억원의 보상비용 절감함
- 피해유무에 대한 법적 공방처리 및 공사 중단 없이 완료함으로 공사비 절감

2) 서울 도심지에서의 사례

1. 서울시 ○○지역 행정심판 청구

- (1) 청구인 : 주식회사 ○○○○대표이사
- (2) 피청구인 행정청 ; ○○경찰서장
재결청 : ○○지방경찰청장
- (3) 사 건 : 화약류 사용중지처분 효력정지가처분
- (4) 신청사유

①1994. 7. 20 : 피신청인으로부터 ○○소재 신축공사의지하터파기 암반제거 공사용으로 화약류 사용 및 양수허가 득함.

②1994. 8. 4 : 인근 ○○아파트 입주자 대표 회의에서 민원제기

③위 민원 해소시까지 화약류 사용중지하고 사용허가중 반납 통보(1994. 8. 4)

④ 피신청인의 이 사건 처분의 위법성

ㄱ) 처분사유의 부존재

- 행정처분을 위해서는 법령에 근거한 처분사유가 존재하여야 함.
- 단지 민원 근거, 민원의 타당성 검토 없음.

ㄴ) 처분사유의 무근거성

- 공사주변 안전조치, 방음벽 설치, 기술사의 계측관리하에 시공
- 30-35m 떨어진 지역에서 진동치 0.117-0.31cm/sec, 소음크기 95-102dB로 기준치(0.5cm/sec와 115-129dB)에 미달
- 인근지하철역 요구 : 0.5cm/sec
- ○○아파트는 현장외측으로부터 60~100m 떨어짐

⑤ 보전의 필요성

ㄱ) 서울고등법원에 화약류 사용중지처분 취소 청구의 본안 소송제기

ㄴ) 본안 판결확정시까지 가처분 신청

⑥ 공사지연시 발생피해

ㄱ) 대외 공신력 실추 원청회사의 후속 공정 지연 야기

ㄴ) 본안 판결확정시까지 가처분 신청

ㄷ) 지체 보상금 발생

ㄹ) 공사지연으로 인한 손실

(5) 피신청인의 이 사건 처분 위법성 주장에 대한 답변

①처분사유의 부존재“에 대한 답변

ㄱ) ○○경찰서장은 관내 주민의 생명과 재산을 보호하는 관청으로서 재해 사전에 예방할 의무와 책임이 있음

ㄴ) 주민들의 정신적 불안과 물리적 피해를 입는다는 민원을 접함.

- 부득이한 조치

(6) 검증 및 감정신청

① 목적

본건 발파공사로 인하여 ○○아파트에 피신청인이 주장하는 바와 같은 피해가 있는지 여부를 실제 발파를 통해 확인을 하고, 아울러 공사 현장에 설치된 방음막과 분진발생 억제 장치시설 등을 확인

※ 감정인 선임, 감정평가 보고서 제출 (1994. 9. 14)

(7) 서울고등법원 제○부 특별 결정 (1994.9.14)

① 피신청인이 1994. 8. 4자로 한 화약류 사용 중지처분은 당원 ○○호 사건의 본안 판결 선고시까지 그 효력을 정지

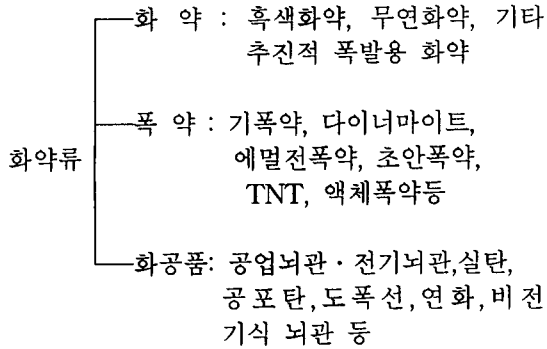
② 신청인 제출의 소명자료에 의하면 위사건의 집행으로 신청인에게 회복하기 어려운 손해를 예방하기 위하여 긴급한 필요가 있다고 일단 인정되고, 달리 공공복리에 중대한 영향을 미칠 우려가 있을 때에 해당한다고 인정할 자료도 없으므로 이에 주문과 같이 결정한다.

II. 발파진동·소음 제어기술

1. 화약류(explosives)의 정의

화약류란 고체 및 액체 또는 이들의 혼합물로서 가벼운 타격이나 가열로 짧은 시간에 화학변화를 일으킴으로써 급격히 많은 열과 가스를 발생하게 하여 순간적으로 큰 힘을 얻을 수 있는 물질을 말한다.

- 법규에 의한 분류 -



2. 발파진동·소음의 특성

2-1. 발파진동·소음발생 메카니즘

폭파작업에서 폭파약의 폭발압은 기폭후 폭발압을 받는 면의 압력은 폭약의 종류, 장전 밀도, 사용조건에 따르는 폭속등에 의해서 변화하지만, 보통 5~수 μ sec에서 최고 값에 달하며, 압력은 10만 기압이상으로 추정되며, 온도는 3000° C이상으로 추정되는데, 이로 인한 고온으로 인하여 폭원에서 수 mm 또는 수십 mm 이내의 암석은 용융되고 동적응력의 개방으로 미세한 입자로 분쇄된다(분쇄대는 장약실의 약 2배정도). 그리고 폭원근처에서 옆방향으로 전단응력이 커서 폭원을 중심으로 반지름 방향으로 균열이 생기게되어 폭원근처에는 분쇄대에 이어 균열이 많이 생기게 되어 세쇄대를 형성하게 된다.

폭원에서 발생한 충격파는 자유면 근처에서 입사되는 입사응력파의 반사응력파(인장응력파)가 겹쳐 복합응력상태가 되는데, 암석은 압축강도에 비해 인장강도가 훨씬 약하므로 (압축강도의 1/10~1/20)인장파에서 보다 많이 파괴된다(Hopkinson effect).

이와 같이 암석파괴에 소요된 후 잔여 충격

파는 탄성파로 변화되어 발파진동으로 소비되며(총 에너지중 0.5~2.0%) 일부는 파쇄되는 암괴를 통하여 소음 및 폭풍압(공중충격파)으로 대기중으로 방출(또는 비산발생)하게 된다.

2-2. 발파 진동·소음의 특징

① 발파진동의 전파 특성

폭약 폭발시 발생하는 충격압과 가스압은 암반을 매체로 하여 지반내를 파동하면서 탄성파형태로 전파되어 지반진동을 유발하게 된다. 발파진동은 진동을 전달하는 매질의 변위(particle displacement, u), 진동가속도(particle acceleration, a)로 다음과 같이 표시할 수 있으며 이들은 서로 상호관계를 가진다.

$$u = \int v dt, \quad v = \int a dt, \quad a = \dot{v}, \quad v = \dot{u}$$

발파진동은 지진진동에 비하여 지속시간이 짧고 주파수범위도 수십에서 수백 Hz인 고주파수인 관계로 감쇄가 쉽게 일어나며 파형이 비교적 단순하다. 그리고 진동속도에 비례하기 때문에 세계각국에서는 대부분 발파진동의 규제기준을 진동속도로 정하고 있다.

발파진동은 입지조건과 발파조건에 관계가 있지만 특히 압축강도·층리·절리 등의 불연속면 상태 즉, 암반의 상태가 더욱 중요한 영향을 미친다.

여러 학자들의 연구결과 구조물의 피해척도가 되는 지반의 진동속도를 최대 지발당장약량과 거리를 매개변수로 하여 다음과 같은 관계식을 도출하였다.

발파진동속도와 지발당장약량 및 거리와의 관계식

$$V = K \left(\frac{D}{W^b} \right)^n$$

V : 입자속도(cm/sec) K : 발파상수
 D : 폭원으로부터의 거리(m)
 W : 지발당장약량(kg)
 b : 1/2 또는 1/3 n : 감쇄지수
 D/W^b : 환산거리 (scaled distance, SD)

일반적으로 근거리에서는 삼승근(b=1/3=삼승 근환산거리), 원거리에서는 자승근(b=1/ 2=자승 근환산거리)이 안전율이 더 높다고한다.

② 발파풍압(폭풍압·소음)의 전파 특성

폭풍압은 폭발에너지가 파쇄되는 암괴를 통하여 대기중으로 방출되는 몇가지 유형의 공중 충격파(압축파)에 의해 발생하는데, 암반의 변위로 인한 공기 압력파에 의한 발파풍압이 대부분이다.

발파풍압의 세기는 압력의 단위나 데시벨(dB) 단위로 표현 할 수 있으며, 주단위 사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$dB = 20\log_{10} [P/P_0]$$

P : over pressure in psi

P₀ : 기준치로서 사람이 인지할 수 있는 최저의 음압(2.9*10⁻⁵Pa)

이때 공중에서 생기는 파동은 폭원 근방에서 충격파의 형태를 취하며 공기 중을 음속보다 빠른 속도로 전파한다.

폭원에서 어느 정도 떨어진 곳에는 음파로 전파하게 되며, 소음의 대상은 주로 음파로서의 폭발음(발파소음)이다. 발파소음은 지속시간이 대단히 짧고, 주파수는 50~150Hz 정도이다.

3. 진동·소음의 영향요소와 제어기술

3-1 발파방법에 따른 영향

① 자유면의 영향

암발파에서 자유면쪽은 저항이 없어서 폭발에

너지가 암반에 미치는 응력이 다른 면보다 더 많이 작용하므로 발파효과는 자유면의 수에 따라 증가한다. 즉, 자유면이 많을수록 장약량은 적어지므로 진동·소음의 발생경향도 적어진다

② 발파공법의 영향

터널발파에서는 일반적으로 심빼기에서 진동·소음의 영향이 가장 크다. 심빼기 중 paralalled cut 보다는 angle cut가 진동·소음 발생경향이 적다고 하며, 그중 V-cut(double 혹은 baby V-cut포함)가 대체로 발생경향이 적다. 주변공 발파시에는 decoupling effect 이론을 응용한 제어발파(smooth blasting)공법을 적용시 여굴의 방지와 함께 진동을 현저히 줄일 수 있다. 도로개착 등 노천발파에서는 진동저감방법으로 pre-splitting, cushion blasting, line drilling 을 들 수 있다.

Line drilling의 경우 터널, 도로 등의 공사에서 광범위하게 적용할 수 있고 효과도 매우 좋은 편이나, 공사비가 많이 든다는 단점이 있다.

③ 작업방법의 영향

절리나 편리 등이 많은 경우 진동은 감소하나 소음 및 비산의 우려가 높다.

이 경우 천공장이 깊을수록, 메지가 확실할수록 소음의 영향은 줄어든다.

3-2 폭약의 종류와 사용량에 따른 영향

① 폭약의 영향

다이너마이트 등 고폭속 폭약일수록 동적 효과가 크므로 진동·소음의 우려는 커지고 에멀전 폭약, 함수폭약, 초안폭약, 미진동파쇄기 등 저포속의 정적효과를 이용한 폭약일수록 진동·소음 발생은 적어지나 발파효과가 나빠지는 단점이 있다.

② 사용량의 영향

1회 발파량이 많을 수록 진동·소음의 발생은 대체로 커진다. 그러나 MSD나 DSD 뇌관을

사용한 분할 발파의 경우나 비전기식뇌관 사용 혹은 다단식 발파공법을 적용시킬때 진동·소음을 현저히 감소시킬 수 있다.

3-3 작업조건에 따른 영향

- ① 대체로 장공 및 대구경발파의 경우 진동·소음의 발생경향은 더욱 커진다.
(소형 착암기 <점보드릴 <크로라 드릴)
- ② 함수율이 높은 지형 혹은 비온 후, 개울 근처등에서의 발파는 진동·소음을 현저히 감소시킬 수 있다.
- ③ 흐린날 저기압 등 기후조건이 좋지 않을 때에도 진동·소음을 현저히 감소시킬 수 있다.

IV. 결 론

발파에 의한 진동·소음 및 브레이커, 향타작업 등 건설장비로 인한 진동·소음 공해는 공사 현장 인근 지역의 경우 완벽한 제어가 어려우므로 정신적 피해 인정사례가 늘어가고 있는 추세이다. 이러한 발생원인과 처리방안을 정리하여 보다 신속하고 안전한 공정관리 및 민원 감소·보상축소를 위해서는

1. 발생원인으로는
 - (1) 사회적 인식부족
 - (2) 사전홍보 부족
 - (3) 감정악화
 - (4) 보상 심리
2. 처리방법으로는
 - (1) 인위적 처리
 - (2) 기술적 처리
 - (3) 권위적 처리로 정리할 수 있다.
3. 그러므로 건설 및 발파작업으로 인한 진동·소음공해는 설계의 정확, 운영의 묘를 발휘하는 책임관리, 성실시공, 감리철저 등이 이루어

질 때(장기간 공사중 단, 민원보상비용을 감안할 때) 매우 경제적인 공사수행이 가능하다.

그래서 보다 합리적이고 기술적으로 또한 테두리 내에서 공사를 진행하는 진실되고 성실한 기술태도와 선진건설 경영이 이루어져야 할 것이며, 이 같은 경쟁력 강화를 위하여 기술자들의 정확한 인식과 합리적 시공 및 정부차원의 공정한 법집행을 위한 공권력 회복이 필수적이다.

현재, 국내의 건설공사자의 민원제기관행은 증거 [사전조사 및 영향평가, 안전진단 계획] 없이 기소 [실시설계, 민원제기] 하고 적당히 판결 [설계심의, 피해여부조사, 피해주장] 한 후 제멋대로 형을 집행 [무리한 시공, 시용(공사)중단, 비합리적인 보상] 하는 경우에 비유할 수 있다.

이제 건설시장의 개방에 대응하고 선진기술 진입을 위하여 민원인들의 큰 목소리, 무법, 무원칙주의와 시공자의 과거 타성에 젖은 적당주의사고(기능과 기술 및 경영사고) 그리고 감독, 감리 책임자와 관련공무원등 우리모두의 공동책임이다.

이제는 선진국 진입을 위한 도약(경제회복)을 위하여 모래 위에 집을 짓는 일을 되풀이 하여서는 안될 것이다.

참고문헌

1. 윤지선, "발파기술", 구미서관, 1996, pp.158~184
2. 허 진, "신화약발파학", 기전연구소, 1981, pp.253~268