

보안물건의 종류에 따른 발파진동 허용기준 적용 사례 및 문제점 개선 연구

김남수^{1)*}, 이종우²⁾, 조경빈³⁾

A Review of Standards for Allowable Limit of Blast Vibration According to the Safety Facilities and Improvement of Problems

Nam-Soo Kim, Jong-Woo Lee and Kyoung-Bin Cho

Abstract Since various types of safety facilities have been located around blasting construction site, each of the institutions with regard to blast works has prepared limit criterion of blast vibration, respectively. But these criterions applied for limiting vibration are causing harmful effect including construction cost increasement and construction time extension due to exceedable high level application. In this study, more reasonable limit of blast vibration was suggested after reviewing criterions based on existing design and construction cases and analyzing of problems of applied criterions.

Key words Blast vibration, Allowable limit, Construction cost

초 록 발파공사 현장 주변에는 많은 종류의 보안물건이 존재하고 있어 발파진동의 영향을 저감하기 위해 각 기관별로 발파진동 허용기준을 제시하고 있다. 그러나 현재 적용되고 있는 발파진동 허용기준은 지나치게 강화 적용하여 공사비 증가와 공기 연장의 폐해가 발생하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 기존 설계와 시공사례 등을 토대로 적용된 발파진동 허용기준을 검토하고 그 문제점을 분석하여 합리적인 발파진동 허용기준을 산출하는 방법을 제안하고자 한다.

핵심어 발파진동, 허용기준, 공기비용

1. 서 론

최근 신설되는 도로, 철도, 지하철 등 공사현장 주변에는 민가, 축사, 문화재, 전력구, 통신구, 하수관, 가스관, 기존 터널 등 많은 보안물건이 존재하고 있어 발파진동의 영향을 저감하기 위해 각 기관별로 발파

진동 허용기준을 제시하고 있다. 그러나 현재 적용되고 있는 발파진동 허용기준은 지나치게 강화 적용하여 공사비 증가와 공기 연장의 폐해가 발생하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 기존 설계와 시공사례 등을 토대로 적용된 발파진동 허용기준을 검토하고 그 문제점을 분석하여 합리적인 발파진동 허용기준을 산출하는 방법을 제안하고자 한다.

2. 발파진동 허용기준

구조물은 발파진동에 대한 허용치가 법규로 명시되어 있지 않기 때문에 관련기관의 작업고시에 의존하

¹⁾ (주)NSB 나우이엔씨 대표이사

²⁾ (주)NSB 나우이엔씨 상무이사

³⁾ (주)NSB 나우이엔씨 부장

* 교신저자 : nsbpro@hanmail.net

접수일 : 2013년 12월 7일

심사 완료일 : 2013년 12월 22일

게재 승인일 : 2013년 12월 26일

고 있고, 일반적으로 구조물의 발파진동 허용치는 이러한 관련기관의 고시기준 외에 법원의 판례기준 및 중앙환경분쟁조정위원회의 조정사례를 기초로 하여 설정하고 있다. 인체에 대한 발파진동 허용기준은 환경부에서 제정한 소음진동관리법의 기준치를 적용하되, 발파작업의 특수성을 고려하여 보정값을 반영한 허용치를 설정하고 있다.

2.1 국토교통부

국토교통부에서는 2006년 도로공사 노천발파 설계시공지침에 발파진동 허용 기준을 제안하였다. 구조물은 국내의 통상적인 발파진동 허용치로 table 1과 같이 서울 지하철공사 등 주요 발파처에서 구조물에 대한 발파진동 기준으로 제시하였으며 시방서들을 통하여 통상적으로 적용되고 있다.

지침에서는 허용진동수준을 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0,

5.0cm/s로 제시하고 있지만 구체적으로 어떤 수준을 택할 것인지는 설계자의 판단에 맡기고 있다.

대체적으로는 법원의 판례 등을 감안하여 인체나 가축에 대한 고려가 필요한 경우 0.1cm/s를 설계기준으로 채택하는 것이 무난하다. 문화재(국보, 보물, 사적, 명승, 천연기념물 등)는 국가에서 지정한 역사적으로 보호할 가치가 있는 것들을 말하며, 이러한 문화재나 진동에 대해 예민한 건축물의 경우에는 0.2cm/s를 기준으로 적용할 수 있다. 주택이나 아파트 등은 물건의 상태에 따라 0.3~0.5cm/s, 철근콘크리트 및 공장 등은 1~5cm/s의 진동기준을 채택할 수 있다. 내진설계가 된 구조물의 경우에는 통상의 허용 진동기준보다 높은 진동기준을 택할 수 있다.

국토교통부의 터널 표준시방서(2009), 도로설계편람(2010)은 발파지점 주변에 보호하여야 할 시설물이나 구조물이 있는 경우, 대상시설물 위치에서의 지반진동 허용치는 최대입자속도 측정치를 기준하여 table

Table 1. Domestic blasting vibration limit

구 분	유적, 문화재, 컴퓨터 시설물	주택, 아파트	상가	철근콘크리트 건물 및 공장
진동치(cm/s)	0.2	0.3~0.5	1.0	1.0~5.0

Table 2. Damage basis blasting vibration limit of a structure

구 분	문화재 및 진동예민 구조물	조적식(벽돌, 석재 등) 벽체와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	철근콘크리트 또는 철골골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
최대 입자속도 (cm/s)	0.2 ~ 0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

Table 3. Damage basis blasting vibration limit of a structure

구분	구조물 형식	문화재 및 지반진동 예민 구조물	조적식 벽체(벽돌, 석재 등)와 목재로 된 천장을 가진 구조물	지하기초와 콘크리트 슬래브를 갖는 조적식 건물	철근 콘크리트 골조 및 슬래브를 갖는 중소형 건축물	콘크리트 철근골조 및 슬래브를 갖는 대형건물
	구조물 종류	문화재 등	재래가옥, 저층 일반가옥 등	저층 양옥, 연립주택 등	중,저층 아파트, 중소상가 및 공장	내진구조물, 고층아파트, 대형건물 등
주파수대역 별 허용치 (cm/s)	50Hz 이상	0.75	1.5	2.5	4.0	5.0
	50Hz 미만	0.3	1.0	2.0	3.0	5.0

2에 의하여 결정하되 공사발주 시방서 작성 시 조정할 수 있다고 제시하였다.

단, 지반진동치를 주파수 대역별로 구분하여 관리할 필요가 있을 경우에는 외국의 법규나 공공기관의 기준치를 참조하여 별도로 정할 수 있다.

또한 국토교통부의 제18차 중앙건설기술심의위원회 철도설계기준의 발파진동 허용기준은 table 3과 같다. 문화재의 경우 주파수 범위에 따라 허용기준을

0.3~0.75cm/s로 완화 적용하였다.

2.2 소음진동관리법

환경부(환경부령, 2007)에서는 소음진동관리법에 인체에 미치는 발파진동 허용치로 table 4와 같이 생활진동 규제기준으로 주간에 75dB(V)를 제시하였다.

Table 4. Life vibration regulation basis of noise vibration method management (소음진동관리법 시행규칙 제20조의 제3항)

[단위: dB(V)]

시간대별	주간 (06:00~22:00)	심야 (22:00~06:00)
대상 지역		
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역에 소재한 학교·병원·공공도서관	65 이하	60 이하
그 밖의 지역	70 이하	65 이하

비고 5. 발파진동의 경우 주간에만 규제기준치에 +10dB을 보정한다.

Table 5. Vibration damage causation examination basis (group II)

건축물 분류	건축물 형식	주파수별 허용 진동속도 (cm/s)		
		10Hz 이하	10Hz~50Hz	50Hz~100Hz
A	철근콘크리트, 철골조의 고층 건축물, 아파트 및 이와 유사한 형식의 건축물(동적 하중에 대하여 설계된 건축물)	2.0	2.0~4.0	4.0~5.0
B	철근콘크리트, 철골조로서 상기 A항에 해당되지 않는 건축물(동적 하중에 대하여 설계되지 않은 건물)	1.5	1.5~2.0	2.0~3.0
C	조적조 형식의 주거용 건축물 및 부속 건축물(저층 건축물) 또는 이와 유사한 형식의 건축물, 단층의 주거용 목조 건축물	0.5	0.5~1.5	1.5~2.0
D	진동에 예민한 건축물, 취약건축물, 특별한 보존가치가 있는 건축물(문화재 등)	0.3	0.3~0.8	0.8~1.0

- 1) 100Hz 이상의 진동에서는 100Hz에 준한 값을 기준값으로 함.
- 2) 측정점은 최저층의 외측 벽체 또는 바닥슬래브를 기준으로 하고, 측정값은 직교하는 3축 방향의 성분들 중 최대값을 기준으로 함.

Table 6. Classification state of a vibration point, vibration paths and architecture

구분	그룹 I	그룹 II
건축물 상태	피해부위를 지니고 있는 오래된 건축물, 보수·보강되거나 증축된 건축물	무손상 건축물 구조적 변경사항 없음
재료와 건축물의 구조	조적조, 콘크리트조, 석조로서 잘 구축되지 않은 건축물, 기초의 부실, 타이포의 부족, 바닥 처짐, 큰 개구부 또는 불규칙 개구부를 갖는 벽체	잘 지어진 조적조 또는 철근콘크리트 건축물, 타이포를 지닌 벽체와 일체로 연결된 강한 바닥슬래브
지반과 기초의 종류	낮은 강성의 지반(느슨한 모래, 매립층), 불연속기초	강성이 큰 토양(단단한 토양) 시공이 양호한 기초
진동의 작용시간	장시간 또는 영구적인 진동	단시간의 진동
가중치	0.7	1.0

2.3 중앙환경분쟁조정위원회

중앙환경분쟁조정위원회(2002)에서는 진동으로 인한 건축물 피해 평가에 관한 연구에서 건축물에 미치는 발파진동 허용치로 진동피해 인과관계 검토 기준을 제안하였다. 제안된 기준은 건축물의 마감재 손상 등에 대한 유해성 여부를 기준으로 제시된 진동수준을 table 5에 나타내며, table 6를 통하여 건물의 노후도, 진동의 작용시간, 기초의 형식 및 지반의 영향 등에 의한 진동수준의 강화여부를 가중치로써 제안하고 있다.

2.4 법원 판례

서울민사지법 합의 50부에 따르면 1995년 1월 12일 발파공사로 인하여 주민들의 건물에 균열이 생긴 점이 인정된다고 하였으며, 발파진동속도는 0.3cm/s 이하, 소음은 주간 80dB, 야간 65dB 이하로 공사를 실시할 것을 판결한 바 있다.

2.5 경찰청

경찰청은 진동에 대한 규제기준은 별도로 정하고 있지는 않지만, 사용자가 제출한 시험발파 결과보고서의 기준을 적용하나 시가지의 경우는 구조물과 인체를 구분하지 않고 인체감응에 의한 민원예방을 위해 사용허가에 진동허용수준을 0.3cm/s로 적용하고 있다(원연호 외, 2009, 서울경찰청 사용허가 관습 적용).

3. 발파진동 허용기준 적용사례

3.1 민가

민가 등 주택에 대한 발파진동 허용기준은 법원판례, 경찰청 관례 등에 따라 0.3cm/s를 적용하였으나, 최근에 사전환경영향평가서에 따라 0.2cm/s로 강화 적용하고 있다. Table 7은 최근 설계 적용된 민가의 발파진동 허용기준치이다.

3.2 가축

가축 사육시설 축사에 대한 발파진동 허용기준은

Table 7. Private house blasting vibration limit

년도	공사명	민가 발파진동 허용기준(cm/s)
2010	부산외곽순환고속도로 건설공사	0.2
	대구도시철도 1호선 서편연장 1공구(화원구간)	0.3
2011	부전-마산 복선전철 건설공사	0.3
	수도권 고속철도 건설공사	0.2
	영주댐 수몰지구 이설철도 건설공사	0.2
	화양-적금 2, 3공구 건설공사	0.3
	울릉도 일주도로 건설공사	0.3
	공항철도 연계시설 확충사업	0.3
	서해선 흥선~송산 복선전철 제4공구 건설공사	0.3
	인천공항 연결선 건설공사	0.3
	안동-임하댐 연결사업 건설공사	0.3
	동해선-경부선 연결 건설공사	0.3
2012	신안산선 복선전철 노반 기본 및 실시설계	0.2
	도담-영천 1공구 건설공사	0.3
	도담-영천 2공구 건설공사	0.2
	원주~강릉 철도건설공사	0.2
2013	화도-양평 2공구 고속도로 건설공사	0.2
	화도-양평 3공구 고속도로 건설공사	0.2
	철도종합시험선로 건설공사	0.2

Table 8. Livestock blasting vibration limit

년도	공사명	가축 발파진동 허용기준(cm/s)	
		진동속도 (cm/s)	진동레벨 (dB(V))
2010	호남고속철도 1-2공구 건설공사	0.09	57
	호남고속철도 2-1공구 건설공사	0.09	-
2011	동해선-경부선 연결공사 건설공사	0.09	57
	수도권고속철도 9공구 건설공사	0.09	-
	영주댐 수몰지구 이설철도 건설공사	0.09	57
	포항-삼척간 철도 2공구 건설공사	0.09	-
	성남-여주 복선전철 5공구 건설공사	0.1	-
	울산-포항 철도 4공구 건설공사	0.09	-
2012	중앙선(도담-영천) 복선철도 건설사업 제2공구	0.07	
	신안산선 복선전철 건설사업 제1~8공구	0.09	57
	원주-강릉 철도 건설공사	0.02	-
	중앙선 원주-제천 4공구 건설공사	-	57
2013	비봉-매송간 도시고속도로 민간투자사업	0.09	-
	철도종합시험선로 구축사업	0.09	57
	화도-양평 고속도로 건설사업 제3공구	0.09	57
	동해남부선 덕하차량기지 건설공사	0.07	57

Table 9. Cultural assets blasting vibration limit

공사명	문화재명	문화재 발파진동 허용기준(cm/s)
서울외곽순환 고속도로 4공구	회룡사, 약수선원	0.2
동원대장동 도로확장공사	정훈사	0.2
성남도촌~공단로간 도로공사	도촌이집선생사당	0.2
창원~부산간 민간사업고속도로	성홍사	0.2
제2 경인고속도로 연결도로	도요지	0.2
성남-여주 복선전철 노반조성공사	영월암	0.2
대구금호지구 택지개발사업	사수산 법륜사	0.2
부산외곽순환고속도로 건설공사 제9공구	범어사	0.2
화도-양평 고속도로 건설사업 제3공구	김사형묘역	0.2

초기에는 0.09(0.1)cm/s를 적용하였으나, 일부 공사에서는 2007년 중앙환경분쟁조정위원회(환경부)의 공사장 환경분쟁사건 소음·진동도 산출방법 개선 연구에서 제안한 0.02cm/s, 57dB(V)로 엄격히 강화 적용하고 있다. Table 8은 최근 설계 적용된 가축의 발파진동 허용기준치이다.

3.3 문화재

사찰 등 문화재에 대한 발파진동 허용기준은 0.2cm/s를

적용하고 있고 table 9는 최근 설계·시공 적용된 문화재의 발파진동 허용기준치이다. 2012년 국토교통부의 제18차 중앙건설기술심의회위원회 철도설계기준의 문화재 발파진동 허용기준은 주파수 범위에 따라 0.3 ~ 0.75cm/s로 완화 적용하였다.

3.4 지중 구조물

1) 전력구

전력구 등 지중송전설비에 대한 발파진동 허용기준

은 송변전본부 송변전차에서 2007년 “지중송전설비 인접굴착공사 협의기준”으로 “굴착공법은 가급적 발파공법을 지양하도록 해야 하나, 부득이 발파를 해야 할 경우 발파진동 허용치를 0.5cm/s 이하로 제한하여야 한다.”고 제시하였다.

2) 송전철탑

송전철탑에 대한 발파진동 허용기준은 한전에서 “송전철탑 인접굴착발파공사 협의기준”으로 “발파와 굴착이 병행 또는 발파만 시행되는 공사의 경우 철탑 기초의 진동허용치를 1.0cm/s 이하로 제한하는 것을 원칙으로 한다.”고 제시하였다.

3) 기존터널

기존터널에 대한 발파진동 허용기준은 철도시설관리공단에서 “기존터널 근접시공 관리 매뉴얼”으로 진동원과 기존터널의 이격에 의해 근접도를 구분하고 발파진동 허용치를 table 10, table 11과 같이 제시하였다.

4) 광케이블

지중매설 광케이블에 대한 발파진동 허용기준은 KT에서 2007년 동원동-대장동간 도로 확포장공사시 “KT 경기도 수내지점의 진동관리 지침(2007. 1. 8)” 공문으로 발파진동 허용치를 0.6cm/s 이하로 제시하였다.

5) 상수도 관로

광역상수도 관로에 대한 발파진동 허용기준은 한국수자원공사 수자원연구원 댐기술연구소에서 2007년 “광역상수도 관로/구조물에 대한 발파진동 허용기준 검토 기술지원 보고서”로 “일반 구조물에 대한 기존 허용 발파진동 기준치 검토와 기본 공사 제시 사례를 종합하여, 현 시점에서 보수적인 0.3cm/s를 수도시설물에 대한 허용 진동기준치로 한시적으로 제시한다.”고 하였다.

6) 가스관

가스관에 대한 발파진동 허용기준은 한국가스공사

Table 10. Classification of Approach Ratio (ground vibration)

터널과의 이격거리	근접도의 구분
2D 미만	제한 범위 (필요대책 범위)
2 ~ 5D	요주의 범위
5D 이상	무조건 범위

- 주) 1) 발파공법의 경우 사용한 약의 양에 따라 전파 할 진동은 크게 다르기 위해, 진동예측이 필요하다.
- 2) 발파 진동 예측 결과로부터 3)에 나타난 규제치를 넘을 가능성이 있는 경우에는 본 표에 관여치 않고 요주의 범위, 또는 제한 범위로써 취급한다.
- 3) 발파 진동 속도의 규제치는, 아래와 같이 한다.
 - 기존터널의 건전도 판정 구분 AA : 2cm/s
 - 기존터널의 건전도 판정 구분 A₁, A₂ : 3cm/s
 - 기존터널의 건전도 판정 구분 B, C, S : 4cm/s
 - 라이닝에 낙하의 가능성이 있는 크랙이 있는 경우와 지수용의 얇은 모르터 등이 있는 경우 : 2cm/s
 - 낙하 방지공 등의 처치제의 경우..... : 4cm/s

Table 11. Judgment of influence

판정구분	운전보안 등에 대한 영향	형상의 정도	조치
AA	검증	중대	바르게 조치
A ₁	조기에 위험 이상의력의 작용시 위험	형상의 변형이 진행하고, 기능 저하도 진행	지급 조치
A ₂	장래에 위험	형상의 변형이 진행하고, 기능 저하의 우려	필요한 기간에 조치
B	진행하면 A랭크로 된다	진행하면 A랭크로 된다	감시(필요에 따라 조치)
C	형상에서는 영향 없음	경미	중점적으로 검사
S	영향 없음	없음	

Table 12. Blasting vibration limit of livestock to a vibration velocity - vibration level conversion formula

구 분	중앙환경분쟁조정위원회, 환경부		
	2002년	2007년	2010년
상관식	$VL = 20\log v + 91$	$VL = 13.54\log v + 72.33$	$VL = 20\log v + 80$
출처	· 진동으로 인한 건축물 피해 평가에 관한 연구	· 공사장 환경분쟁사건 소음·진동도 산출방법 개선 연구	· 진동레벨과 진동속도의 상관성 분석 등에 관한 연구
특징	· 일본, Ejima 식	· Ejima 식이 과대평가되는 경향을 개선	· 기존 환산식들에 대한 검증을 수행
환산 결과	$57\text{dB(V)} \approx 0.02\text{cm/s}$	$57\text{dB(V)} \approx 0.07\text{cm/s}$	$57\text{dB(V)} \approx 0.07\text{cm/s}$
영향 범위	P-1 : 530m P-6 : 224m	P-1 : 242m P-6 : 103m	P-1 : 242m P-6 : 103m

에서 2001년 “품질/환경 지침서 (굴착공사 및 관로관리)”로 진동이 있는 굴착작업 (발파브레이커 작업등)은 발파진동 허용치를 다음과 같이 제시하였다.

- 가스관의 이설을 원칙으로 함. 또는 가스의 공급을 일시정지(또는 감압운전)할 것
- 진동측정을 실시할 것
- 진동측정 위치의 선정(발파원에서 가장 근접한 위치)
 - 노출가스관 : 수직 H-Pile과 연결된 가스관상부
 - 매설가스관 : 가스관의 직상부 지표면

7) 송유관

송유관에 대한 발파진동 허용기준은 대한송유관공사에서 송유관 보호기준을 적용하여 0.4cm/s로 제시하였다.

4. 가축에 대한 발파진동 허용기준 개선사례

4.1 현황

환경부에서 발파작업으로 인한 가축 피해를 예방하고자 가축 사육시설에 대한 진동 규제기준을 “환경분쟁 피해배상액 산정기준 조정·보완시행”에서 축사 허용기준 $VL = 57\text{dB(V)} \approx 0.02\text{cm/s}$ 이하로 강화하여 막대한 공사비와 공사기간 증가 등 피해가 예상된다. 0.02cm/s는 발파진동과 맞지 않는 Ejima 식 $VL = 20\log v_{\text{cm/s}} + 91$ 을 적용하여 과도한 허용기준이 되었으므로 신안산선 복선전철 건설공사 설계 사례를 참고로 가축에 대한 합리적인 발파진동 허용기준을 선정하여야 한다.

4.2 진동속도와 진동레벨 환산식

진동속도와 진동레벨을 변환하는 환산식은 김 외 (2001), 환경부의 중앙환경분쟁조정위원회에서 수차례 연구하였다. 그러나 환산식은 현장의 암반과 지질 상태에 따라 변화가 있으므로 설계와 시공시 현장에서 시험발파를 실시하여 적합한 환산식을 산출하여야 한다. Table 12은 환산식에 따른 가축의 발파진동 허용치가 다르고 발파를 할 수 없는 영향범위가 환산식에 따라 2배 이상 증가함을 보여주고 있다. 즉 2002년 환산식인 0.02cm/s 적용시 무진동 굴착 구간이 2.2배 증가하여 막대한 공사비가 증가하고 공사기간 역시 연장된다.

4.3 굴착 공사비 비교 사례

신안산선 복선전철 제3공구 실시설계시 터널 인근에 위치한 마사로 인해 공사비가 증가하는 사례는 다음과 같다. 축사의 현황은 fig. 1과 같고, table 13, table 14와 같이 축사의 허용기준에 따라 공사비가 최대 38억이 증가하고 무진동 굴착구간이 증가하여 공사기간도 증가함을 알 수 있다(철도시설공단, 2012).

4.4 가축의 발파설계·시공 제안

환경부의 강화된 축사 허용기준 적용시 무진동 굴착, 진동제어 구간 증대(약 2배)로 인한 공사비 및 공사기간이 대폭 상승하므로 환경부의 축사 허용기준 진동레벨 57dB(V)을 기준으로 하고 현장 시험발파에 의한 상관식 산출로 합리적인 진동 속도(cm/s) 기준치를 선정하여 공사비 및 공사기간 단축방안이 필요하다. 또한 현재 설계중인 프로젝트에 적극 반영하여

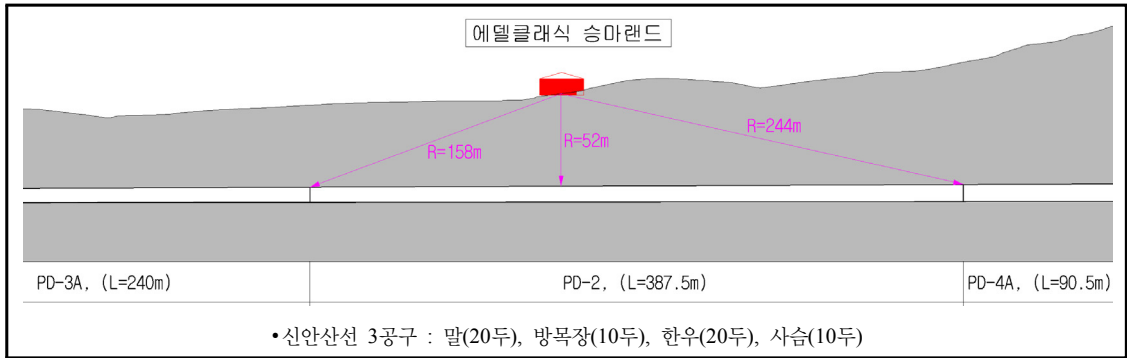
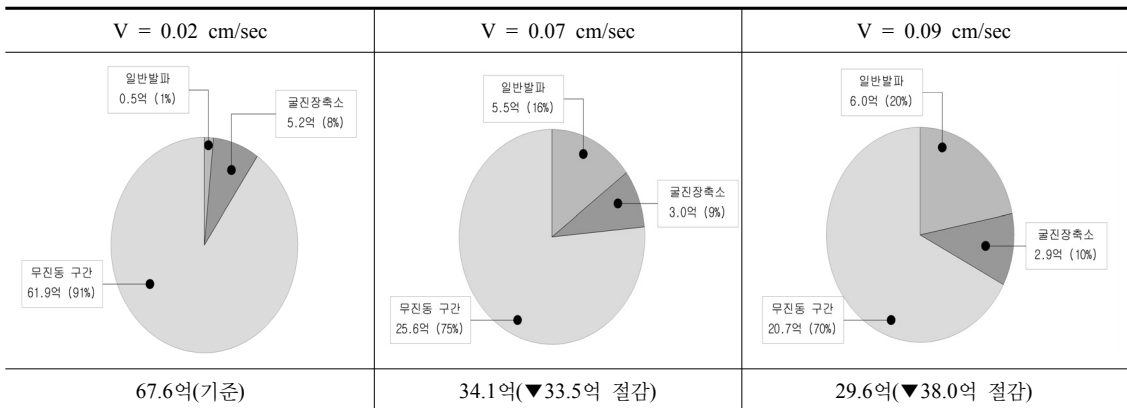


Fig. 1. Section view of the site.

Table 13. Excavation way comparison along vibration limit

허용기준	발파진동 영향을 고려한 발파패턴 조정결과							
0.02 cm/s	PD-3A 240m		PD-2 387.5m				PD-4A 65m	
	PD-3A (38m)	PD-3A 축소 L=1.0m (150m)	무진동굴착 402m				PD-2 축소 L=1.25m (37.5m)	PD-4A 축소 L=1.0m (65m)
0.07 cm/s	PD-3A 240m		PD-2 387.5m				PD-4A 65m	
	PD-3A (230m)	PD-3A 축소 L=1.0m (10m)	PD-2 축소 L=1.25m (42m)	PD-2 축소 L=1.0m (25m)	무진동굴착 167m	PD-2 축소 L=1.0m (25m)	PD-2 축소 L=1.25m (75m)	PD-2 (53.5m)
0.09 cm/s	PD-3A 240m		PD-2 387.5m				PD-4A 65m	
	PD-3A (240m)	PD-2 축소 L=1.25m (58m)	PD-2 축소 L=1.0m (25m)	무진동굴착 135m		PD-2 축소 L=1.0m (25m)	PD-2 축소 L=1.25m (65m)	PD-2 (79.5m)

Table 14. Construction cost comparison



원활한 환경영향평가 협의 및 최적화 설계로 대외 경쟁력 확보가 필요하였다.

5. 결론

본 연구에서는 최근 신설되는 도로, 철도, 지하철 등 공사현장 주변에 위치한 많은 종류의 보안물건에 대한 각 기관별로 발파진동 허용기준을 검토하였다. 그러나 현재 적용되고 있는 발파진동 허용기준은 지나치게 강화 적용하여 공사비 증가와 공기 연장의 폐해가 발생하고 있다. 그러므로 기존 설계와 시공사례 등을 토대로 적용된 발파진동 허용기준을 분석하고 그 문제점을 분석하여 합리적인 발파진동 허용기준을 선정하여야 한다.

References

1. 국토교통부, 2006, 도로공사 노천발파 설계시공지침.
2. 국토교통부, 2009, 터널 표준시방서.
3. 국토교통부, 2010, 도로설계편람.
4. 환경부령 제 269호, 2007, 생활소음 진동규제기준(제 20조제3항관련) 별표 8.
5. 중앙환경분쟁조정위원회, 2002, 진동으로 인한 건축물 피해 평가에 관한 연구.
6. 원연호, 조규석, 강추원, 2009, 발파작업에 따른 진동 및 소음의 규제 기준과 문제점에 대한 고찰, 대한화약 발파공학회 2009년도 추계학술발표회 논문집, pp. 39-49.
7. 송변전본부 송변전처, 2007년, 지중송전설비 인접굴착 공사 협의기준.
8. 한진, 송전철탑 인접굴착발파공사 협의기준.
9. 철도시설관리공단, 기존터널 근접시공 관리 매뉴얼.
10. 한국수자원공사 수자원연구원 댐기술연구소, 2007, 광역상수도 관로/구조물에 대한 발파진동 허용기준 검토 기술지원 보고서.
11. 한국가스공사, 2001, 품질/환경 지침서 (굴착공사 및 관로관리).
12. 중앙환경분쟁조정위원회, 2007, 공시장 환경분쟁사건 소음·진동도 산출방법 개선 연구.
13. 중앙환경분쟁조정위원회, 2008, 환경분쟁 피해배상액 산정기준.
14. 김남수, 양형식, 2001, 발파진동의 예측기법과 환경규제 기준으로의 변환 연구, 터널과 지하공간, 한국암반 공학회, Vol. 11, No. 1, pp. 14-19.
15. 중앙환경분쟁조정위원회, 2010, 진동레벨과 진동속도의 상관성 분석 등에 관한 연구.
16. 철도시설공단, 2012, 신안산선 복선전철 건설공사 기본 및 실시설계보고서.
17. 경기철도주식회사, 2012, 신분당선 연장(정자~광고) 복선전철 민간투자사업 00공구 정거장 시험발파 결과 보고서.



김 남 수
(주)NSB 나우이엔씨 대표이사

Tel: 02-458-2646, 010-3642-2633
E-mail: nsbpro@hanmail.net



이 중 우
(주)NSB 나우이엔씨 상무이사

Tel: 02-458-2646, 010-2302-6967
E-mail: sindok2000@nate.com



조 경 빈
(주)NSB 나우이엔씨 부장

Tel: 02-458-2646, 010-7676-9167
E-mail: ckbeeny@nate.com