

# 현장파쇄시설의 환경민원 발생 저감방안 연구

## A Study on the Reduction of Environmental Civil Appeals for In-site Crusher Facilities

정 종 석\*      이 재 성\*\*      이 경 희\*\*      전 명 훈\*\*\*      배 기 선\*\*\*  
 Jung, Jong-Suk    Lee, Jae-Sung    Lee, Kyoung-Hee    Jun, Myoung-Hoon    Bae, Kee-Sun

### 요 약

도심이 과밀화됨에 따라 재건축 및 재개발의 활성화, 대규모 택지개발에 의한 신도시 개발, 사회기반시설 확충 등으로 건설폐기물이 급증하고 있다. 이와 더불어 도심지내 공사장 등에 의한 소음, 진동 및 분진 발생원이 지속적으로 증가하고 다양화됨에 따라 이와 관련된 환경 분쟁 및 민원이 급증하고 있는 추세이다. 이에 따라 정부는 생활주변의 정온한 환경을 조성하기 위하여 가까운 미래에 각종 관련기준을 상향 적용할 계획이며, 결과적으로 건설공사 관련 환경 분쟁 및 민원의 발생이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 현장파쇄시설을 운영하고 있는 현장에서의 소음, 진동, 분진 발생량을 측정하고 분석하여, 현장파쇄시설에서 발생하는 환경민원발생 예방측면에서 대책을 마련하여 건설폐기물의 현장재활용 활성화를 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

키워드: 현장재활용, 진동, 소음, 분진

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

도심의 노후화 등으로 재건축 및 재개발의 활성화, 대규모 택지개발에 의한 신도시 개발, 사회기반시설 확충 등의 증가로 건설폐기물이 매년 급증하고 있으며, 이를 재활용하기 위한 방안이나 기술개발이 국가적으로 시급한 실정이다. 건설폐기물을 재활용할 수 있는 방안중의 하나로서 해당현장에서 건설폐기물을 재활용하는 “현장재활용”이 있다. 건설폐기물의 “현장재활용”에

다른 문제점 중의 하나는 현장파쇄시설에서 발생하는 소음, 진동, 분진 등에 의한 환경민원이 야기될 수 있다는 것이다. 소음 및 진동은 인간의 생리적 장애와 심리적 불쾌감을 주고, 쾌적한 환경을 파괴한다. 특히, 진동은 기계자체의 수명과 건축구조물 수명에 나쁜 영향을 준다.

최근 도심지내 공사장의 소음 및 진동 발생원이 지속적으로 증가하고 다양화됨에 따라 소음·진동관련 환경 분쟁 및 민원이 급증하고 있는 추세이다. 환경부의 “2006년 16개 시도의 소음·진동관리시책의 추진실적”에서 2000년 7,480건이던 소음·진동 관련 민원이 2006년 30,574(93.2%)건으로 지난 7년간 4배가 증가하였고, 생활소음 민원 중에서 도심지역에서의 아파트 재건축 등으로 인한 공사장 소음민원이 21,397건(65.2%)으로 높은 비중을 차지하는 것으로 나타나(환경부 2007), 소음·진동관련 분쟁 및 민원의 대부분이 도심지에서 발생하는 것을 알 수 있다. 정부는 증가하는 환경 민원에 대응하여 생활주변의 정온한 환경을 조성하기 위하여 2009년 1월부터 공사장소음 규제기준을 현재 70dB에서 65dB로 상향 적용하며, 주거지역과 학교, 병원 등 정온이 요구되는 지역에서 시행되는 일정규모 이상의 공사장은 소음 자동측정기를 의무적으로 설치하고 소음도를 공개하도록 하였다.(법제처 2007)

\* 일반회원, 대한주택공사 책임연구원, 공학박사, pobyasu@jugong.co.kr

\*\* 일반회원, 대한주택공사 연구원, 공학석사, paranglove@jugong.co.kr

\*\* 일반회원, 대한주택공사 연구원, 공학박사 수료, khlee75@jugong.co.kr

\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 수석연구원, 공학박사 수료, mhjun@jugong.co.kr

\*\*\* 일반회원, 대한주택공사 수석연구원, 공학박사, bks@jugong.co.kr

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업 “건설폐기물 재활용 기술개발”에 의한 연구의 일부임. [과제번호 : 05건설핵심D07].

또한 최근 천식 및 만성 기관지염 등의 호흡기 질환을 유발하는 것으로 알려져 있는 직경 2.5 $\mu$ m 이하의 초미세입자에 대한 관심이 급증하고 있지만, 국내에서는 미세먼지(PM 10, 직경 10 $\mu$ m 이하)외에 아직 초미세먼지에 대한 규정은 없는 실정이다. 현재 국내의 미세먼지(PM10) 농도는 주요 선진도시의 2~3배에 이르고 있으며, 대기오염으로 인한 사회적 피해비용은 연간 10조원에 달할 정도이며, 수도권 대기환경은 OECD 국가 중 최하위 수준이므로 정부로서는 수도권의 대기오염 개선을 위한 대책이 필요하다.(경기도보건환경연구원 2007)

따라서 본 연구에서는 건설폐기물의 “현장재활용” 활성화를 위한 기초 자료를 제시하고자 현장파쇄시설을 운영하고 있는 현장에서의 소음, 진동, 분진 발생량을 측정하고 분석하여, 현장파쇄시설에서 발생하는 환경민원발생 예방측면에서 대책을 마련하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

소음, 진동, 분진의 관련이론 및 측정기준을 분석하여 조사대상지역을 선정하고 사전조사를 통하여 현장여건과 현장파쇄시설의 운영 상태를 점검한 후 조사계획을 수립하여, 선정된 현장에서 소음, 진동, 분진을 측정하여 분석하고, 측정값의 신뢰성을 검토하기 위하여 예측 값과 비교 분석하였다. 이를 토대로 최종적으로 환경민원발생 예방측면에서 대책을 마련하여 건설폐기물의 “현장재활용” 활성화를 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

본 연구의 수행절차 및 방법은 [그림 1]과 같다.

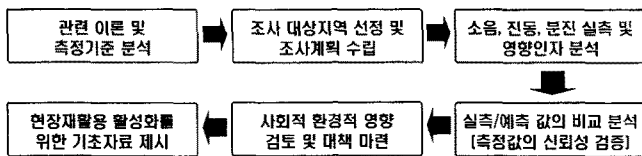


그림 1. 연구수행 절차 및 방법

## 2. 관련이론분석 및 관련기준 고찰

### 2.1 관련이론 및 연구동향

#### (1) 진동

진동이란 외력에 의해 물체가 기준위치로부터 반복운동을 하는 현상을 말한다. 일반적으로 변위, 속도 및 가속도와 같은 상태량의 크기 변화가 시간에 따라 규칙적으로 반복되는 현상이

며, 진동을 표현하는 3가지 기본적인 양으로는 주파수(frequency), 진폭(amplitude), 및 위상(phase)이 있다. 진동수 범위는 통상 1~90Hz이며 사람이 느끼는 진동레벨로는 60dB~80dB까지가 많고 최소 진동가속도 레벨은 55 $\pm$ 5dB정도이다. 진동의 종류는 일반기계진동, 건설진동, 교통진동, 지진진동, 미진동으로 나눌수 있으며, 그 중 건설진동은 공사장에서 각종 건설장비의 작동에 의해 발생하는 진동을 말한다.(박정봉·손기상 2006)

건설공사장 진동에 미치는 영향은 매우 다양하므로 정확한 진동 예측에는 한계가 있으나, 현장파쇄시설의 진동레벨을 예측하기 위하여 진동레벨 거리감쇠 이론식인 [식 1](日本建設機械化協會 2001)을 이용하여 예측치를 많이 산정하고 있으며, 본 연구에서도 이를 이용하여 측정값의 신뢰성을 분석하였다.

$$Lr = Lr_0 - 20 \cdot \log_{10}(r/r_0)^n - 8.68\alpha(r-r_0) \quad \text{[식 1]}$$

여기서,  $Lr$  : 예측점에서의 진동레벨 (dB)

$Lr_0$  : 기준점에서의 진동레벨 (dB)

$r$  : 진동원부터 예측점까지의 거리 (m)

$r_0$  : 진동원부터 기준점까지의 거리 (m)

$\alpha$  : 내부감쇠계수 :  $0.01 \leq \alpha \leq 0.04$

$n$  : 기하감쇠계수 : 표면파( $n=0.5$ ),

복합파( $n=0.75$ ), 실체파( $n=1.0$ )

진동레벨 거리감쇠 이론은 기준거리에서의 진동레벨 측정결과를 이용하여 각종 진동원(건설기계)으로부터 일정 거리에서의 진동레벨을 예측하는 방법으로, 기준거리는 가능한 진동원 가까이에서 측정된 데이터를 사용하는 것이 바람직하다.(환경부 2006)

#### (2) 소음

소음은 축적성이 없고 국소적, 다발적으로 발생한다는 특징을 가진다. 건설공사의 소음은 공장, 교통 등의 영속적인 일반 소음과는 달리 건설공사기간 내에만 일시적으로 발생하며, 대부분 건설기계에 의한 것으로 다양한 공종과 그에 따른 투입 건설장비의 변화 등 공사특성에 따라 많은 차이가 있으며, 불규칙하고 이동성이 크다는 특징을 가지고 있다.(곽광수·김재수 2001) 현장파쇄시설의 소음레벨 예측을 위하여 소음레벨의 감쇠 이론식인 [식 2]를 이용하였다. [식 2]에 따르면 소음원에서 측정거리가 2배수가 될 경우 점음원으로부터 음압레벨이 6dB씩 저감된다.(환경부 2006)

$$SPL_1 - SPL_2 = 10 \log(r_2/r_1)^2 = 20 \log r_2/r_1 \quad [식 2]$$

여기서,  $SPL_1$  : 기준점에서의 소음레벨 (dB)

$SPL_2$  : 예측점에서의 소음레벨 (dB)

$r_1$  : 소음원부터 기준점까지 거리 (m)

$r_2$  : 소음원부터 예측점까지 거리 (m)

### (3) 분진

건설현장에서 발생하는 분진에 관한 연구는 다른 환경민원의 요인인 소음, 진동에 비하여 제한되어 있다. 분진관련 연구의 대부분은 건설현장에서 발생하는 비산먼지를 직·간접적으로 측정·분석하여 저감방안을 제시하고 있다.

대한주택공사(1999)에서는 “건설현장의 소음·진동·분진 평가 및 저감대책에 관한 연구-발파공사를 중심으로-”를 통하여 소음, 진동, 분진의 실측치와 예측치를 비교·분석하여 환경공해를 최소화할 수 있는 최적 발파 설계방안을 제시하고, 이를 통하여 발파공사의 원가기준을 제시하였다.

한국토지공사(1989, 2005)에서는 “단지개발에 따른 대기오염 확산에 관한 연구”에서 ISCLT 프로그램을 이용하여 단지개발에 따른 계절별 대기확산 및 먼지입자 분포도를 조사하였으며, “비산먼지 및 건설폐기물 처리에 관한 기초연구”에서는 비산먼지 저감방안으로 공중 및 공정별로 관리방안을 제시하였다.

서울시정개발연구원(1997)에서는 “서울시 미세먼지 저감 및 관리방안-소규모공사장 중심으로-”를 통하여 소규모 공사장의 생활먼지오염 기여도를 파악하기 위하여 서울시의 먼지오염 실태를 조사하고, 소규모 공사장의 미세먼지의 발생량을 조사·분석하여 먼지저감 관리방안을 수립하였다.

유희중 외 4인(2004)은 “건설현장에서 발생하는 비산먼지의 실태 및 영향에 관한 연구”에서 설문조사를 통하여 건설현장의 비산먼지 발생률과 피해정도, 해결방안 등을 제시하였다.

## 2.2 관련기준

국제표준기구(ISO)의 권고기준에 근거하여 “환경정책기본법”에 소음·진동·대기 환경기준이 제시되어 있고, “소음진동규제법”에 공장소음 및 진동, 생활소음 및 진동, 교통소음 및 진동, 항공기소음 등에 관한 사항이 규정되어 있으며, “대기환경규제법”을 통해 비산먼지 발생사업 종류, 시설의 설치 및 조치, 등에 관한 사항을 규정하여 관리하고 있다.(윤용문 2006)

발생원별 생활소음 및 진동 규제기준은 “국토의계획및이용에 관한법률”에 의거하여 지역별, 소음원별, 시간대별로 구분하여

기준치를 제시하고 있다. 생활소음 및 진동의 규제는 산업단지, 전용공업지역, 자유무역지역 등을 제외한 지역의 확성기, 소규모 공장, 사업장, 공사장에서 발생하는 소음 및 진동을 그 대상으로 한다. 일정 규모이상의 공사로서 항타기, 굴삭기, 착암기 등의 기계, 장비를 2일 이상 사용하는 특정공사에 대해서는 사전신고를 해야 하며, 5일 이상 사용하는 일정규모 이상 공사 시에는 사전에 방음벽 설치 후 공사를 하도록 하고 있다. 생활소음 및 진동의 규제기준을 초과할 경우에는 작업시간 조정, 소음진동발생행위의 중지, 방음 및 방진시설 설치, 저소음 건설기계의 사용 등의 조치를 하고 있다. 폭약을 사용하는 공사의 경우에는 공사전에 관할 경찰서장의 사용허가를 받도록 되어있다. 다음 <표 1>과 <표 2>는 생활진동 및 소음 규제기준을 나타낸 것이다.(법제처 2007)

표 1. 생활진동 규제기준 [단위 : dB(A)]

시간별	대상지역	주간 (06:00-22:00)	심야 (22:00-06:00)
	주거지역, 녹지지역, 관리지역중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그 밖의 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	65이하	60이하
	그 밖의 지역	70이하	65이하

표 2. 생활소음 규제기준 [단위 : dB(A)]

대상지역	소음원	시간별			
		조식	주간	심야	
주거지역, 녹지지역, 관리지역중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 그밖의 지역안에 소재한 학교·병원·공공도서관	확성기	옥외설치	70이하	80이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	50이하	55이하	45이하
	공장·사업장	공사장	50이하	55이하	45이하
		공정	50이하	55이하	45이하
기타지역 (상업지역, 준공업지역, 일반공업지역, 취락지구 중 주거지구 이외의 지구)	확성기	옥외설치	70이하	80이하	60이하
		옥내에서 옥외로 소음이 나오는 경우	60이하	65이하	55이하
	공장·사업장	공사장	60이하	65이하	55이하
		공정	70이하	75이하	55이하

2009년 1월부터는 공사장소음규제기준이 현재보다 5dB 더 강화되며, 주거지역과 학교, 병원 등 정온을 요하는 지역에서 시행되는 일정규모 이상의 공사장은 소음 자동측정기를 의무적으로 설치하고 소음도를 공개하도록 할 계획이다.(법제처 2007)

또한, 미세먼지(PM10) 환경기준은 유럽 등과 비교할 때 크게 완화되어 있어 기준 강화의 필요성이 지속적으로 제기됨에 따라, 2007년 1월 1일 기준으로 연간평균치는 현행 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로, 24시간평균치는 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 상

향 조정하는 등 선진국 수준으로 강화하였다. <표 3>은 대기환경 규제기준을 보여준다.(경기도보건환경연구원 2007)

표 3. 대기환경 규제기준

항목	기준 시간	대기환경기준 강화		비 고(외국기준)
		현행	개정	
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24시간	150	100	50(EU), 100(일본)
	년	70	50	20(EU), 40(영국)
총먼지 (TSP, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	24시간	300	2000.8.17 기준식제	150~230(WTO)
	년	150	-	60~90(WTO)

### 2.3 관련법령 및 정책동향

21세기에는 생활수준의 향상과 도시화의 진전으로 생활주변의 소음 및 진동문제가 더욱 심각해질 전망이다. 또한 급격한 경제성장과 생활수준의 향상으로 국민의 소음 및 진동 환경개선에 대한 수요와 관심이 급증하고 있어 이와 관련된 적극적인 환경정책의 마련이 시급하다.

환경부에서는 2002년부터 2010년까지 삶의 질 향상에 대한 국민의 욕구를 충족하고, 소음 및 진동에 대한 국제적인 환경정책의 변화추세에 대응하기 위하여 장기적인 목표를 설정하고, 생활주변의 소음발생원을 체계적으로 관리하고 있다. 이를 위하여 "과학적 소음·진동관리체계구축과 사전예방적 관리원칙" 및 "환경친화적 소음·진동관리"를 관리목표로 선정하여 [그림 2]와 같이 추진하고 있다.(환경부 2001)

목 표	국민의 정당한 환경요지
↑	
계획기간 중 환경개선 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 21세기 국내 소음·진동정책 기본방향 제시</li> <li>▶ 추진전략 단계별 목표설정</li> <li>▶ 선진국 수준의 소음·진동 관리개선</li> </ul>
↑	
추진전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 소음·진동의 과학적 관리기반 구축</li> <li>▶ 소음·진동 관리체계 개선</li> <li>▶ 환경친화적 소음·진동관리</li> <li>▶ 종합적 도시정책에 따른 소음·진동 정책</li> </ul>
↑	
주요 추진과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 소음·진동측정망 운영개선 및 확충</li> <li>▶ 소음·진동발생원 단위 선정 및 예측모델 개발</li> <li>▶ 환경기준의 개선·확대</li> <li>▶ 환경소음·진동 발생원별 관리방안</li> <li>▶ 도시계획을 고려한 소음·진동 저감정책</li> </ul>

그림 2. 소음·진동환경개선 중·장기계획

## 3. 조사대상 건설현장 현황

### 3.1 사전조사

현장파쇄시설을 운영하고 있는 P사업지구를 조사대상 현장으로 선정하였다. 선정이유는 P사업지구가 대단위 택지개발을 통하여 신도시를 건설하는 대규모 건설현장이기 때문에 소음, 진동, 분진의 측정이 용이하다는 점이다. P사업지구의 경우 1단계 사업면적은 약 142만평이고 가옥, 아파트, 공장, 상가, 토목구조물 등 지장물의 면적은 13.6만평이며, 지장물의 수는 4,587개에 달한다. 해체 및 철거 시 발생하는 총 건설폐기물의 양은 약 1,129만 $\text{m}^3$ 로 산출되었다.

P사업지구의 현장파쇄시설은 작업인원 4인을 투입하여 백호(0.9m)와 이동식 파쇄기(150t/h)를 하루 9시간 동안 운영하고 있다. 현장파쇄시설은 기존건물이 없는 평탄지에 위치하고 있으며, 해당 시설의 반경 7.5m와 후면은 콘크리트로 포장되어 있다. 따라서 소음 및 진동 측정위치는 [그림 3]에서 보는 바와 같이 장애물이 없는 방향으로 거리별로 측정하고, 분진은 분진 발생량이 많을 것으로 예상되는 공사차량 진입로와 진동스크린에 가까운 위치에서 측정하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

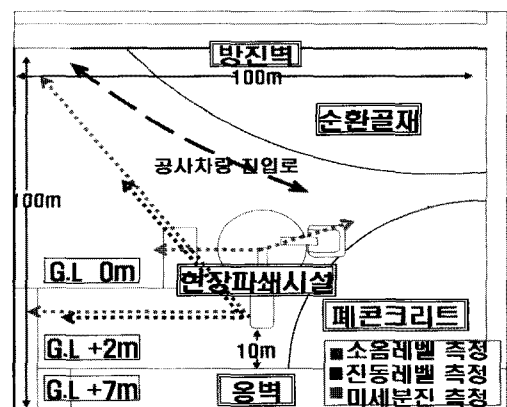


그림 3. 소음 및 진동 측정위치

### 3.2 측정방법 및 계획

#### (1) 측정방법

국내 소음진동규제법의 소음·진동 공정 시험방법(환경부 2003)에 근거하여 현장파쇄시설의 소음·진동을 측정하였으며, 분진은 광산란법을 이용하여 시간대 별로 발생량을 측정하였다. 분진 측정시에는 대기오염 공정 시험방법(환경부 2007)에 제시되어 있는 측정 지점과 기준을 준수하여 측정장비를 설치하였다. 상세한 방법은 다음의 <표 4>와 같다.

표 4. 건설공사장의 소음, 진동 및 분진 측정방법

구분	측정지점	측정조건
건설 소음	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 측정점은 피해가 예상되는 자의 부지경계선 중 소음도가 높을 것으로 예상되는 지점의 지면위 1.2~1.5 m 높이로 한다.</li> <li>▶ 측정점에 담, 건물 등 높이가 1.5 m를 초과하는 장애물이 있는 경우에는 장애물로부터 소음원 방향으로 1~3.5 m 떨어진 지점으로 한다.</li> <li>▶ 피해 대상건물이 2~5층일 경우 2층에서 6층이 상일 경우에는 2층과 5층에서 청문을 열어놓고 소음도를 측정하여 산술평균</li> </ul>	▶ 피해자측의 부지경계선중 가장 소음도가 높을것으로 예상되는 지점
건설 진동	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 마이크로폰을 측정위치에 지지장치로 설치하여 측정하는것을 원칙으로 함.</li> <li>▶ 손으로 소음계를 잡고 측정시 측정자의 몸으로부터 50cm 이상 떨어져야함.</li> <li>▶ 풍속 2m/sec이상시 방풍망 부착, 5m/sec초과시 측정 금지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 진동픽업의 설치장소는 옥외지표로서 단단히 굳은 수평면의 장소</li> <li>▶ 진동픽업은 수직방향 진동레벨을 측정할 수 있도록 설치</li> <li>▶ 진동픽업 및 진동레벨계는 온도, 자기, 전기 등의 외부 영향이 없는 장소에 설치</li> </ul>
건설 분진	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 없고 그 지역의 오염도를 대표할 수 있다고 생각되는 곳을 선정한다.</li> <li>▶ 주위에 장애물이 있을 경우에는 채취위치로부터 그 장애물의 높이 2배 이상 되는 채취점과 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선을 이루는 각도가 30°이하가 되는 곳을 선정한다.</li> <li>▶ 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5m 이상 떨어진 곳에 채취점을 선정한다.</li> </ul>	▶ 시료채취는 1회 6시간 이상 연속 채취하며, 비와 눈이 오거나 바람이 거의 없을때(0.5m/sec 미만의 풍속), 바람이 너무 강할때(10m/sec 이상의 풍속)는 시료 채취를 하지 않는다.

(2) 측정계획


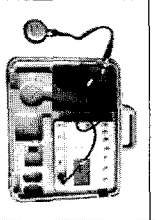


소음과 진동의 경우 소음표시 권고대상 건설기계와 동일한 조건에서 반자유 음장이 만족되는 환경에서 대상 기계 몸체의 측면으로부터 각각 7.5m, 15m에서 소음 및 진동레벨을 측정하였으며, 측정결과를 통하여 규제기준에 적합한 이격거리와 소음 및 진동의 감쇠치를 조사하였으며, 콘크리트로 포장되어 있는 지역과 흙으로 다짐된 지역을 측정하여 지반상태에 따른 진동의 변화를 조사하였다. 또한 방향 및 거리에 따른 감쇠경향을 살펴 보기 위하여 추가적으로 15m~90m까지 7.5m 간격으로 2방향에서 소음·진동레벨 측정하였다.

미세분진은 대상 시설에서 2방향으로 각각 7.5m와 15m 이격된 거리에서 MICRODUST pro + PM10 Module을 이용하여 분진농도를 측정하고, DustMate를 사용하여 15m 거리에서 미세먼지의 입자크기를 조사하기로 계획을 수립하였다. <표 5>는 측정장비의 장비명과 회사명을 보여준다.

3.3 측정일 날씨 현황

소음, 진동, 분진의 측정 시에는 당시의 기상상태가 중요한 인자로 작용한다. 이러한 점을 고려하여 “국내 소음진동규제법”과

표 5. 소음/진동/분진 측정기기

소음	진동	분진	
			
Microphone NA-28	Pick-up VM-52	MICRODUST pro + PM10 Module	Portable Particle Monitor - DustMate
RION	RION	Casella CEL Ltd	Turnkey Instruments Ltd

“대기오염 공정 시험방법”의 측정지점 및 측정조건에 시험을 할 수 없는 날씨상태를 기술하고 있다.

시험 적합여부를 알기 위해서 기상청 정보를 이용하여 당일 기후조건은 정리하면 <표 6>과 같다. <표 6>에서 보는바와 같이 당일 기후조건은 소음·진동 공정 시험방법과 대기오염 공정 시험방법에서 요구하는 측정조건에 만족하므로 측정에 큰 변수로 작용하지 않는 것으로 판단된다.

표 6. 측정지역 날씨

측정일	기온 (°C)	습도 (%)	풍향	풍속 (m/sec)	기압 (hPa)
30	25.5	63	북동	2.3	1008
31	25.8	58	북북동	1.7	1010
4	24.3	69	남동	1.1	1011
5	23.1	66	북동	3.1	1011

4. 측정결과

4.1 진동측정 결과

현장파쇄시설의 진동레벨을 콘크리트로 포장된 지역과 흙으로 다진 지역으로 구분하여 측정한 결과 <표 7>와 같이 나타났다. 현장파쇄시설 설치 규정에 의거하여 해당 시설의 주변은 콘크리트로 포장되어 있어 7.5m까지의 지반부분은 콘크리트로 동일하며, 15m이후부터는 콘크리트와 흙으로 다진 지반으로 구분이 된다. 측정결과는 7.5m에서 64.8~67.6dB, 15m 떨어진 거리에서 콘크리트 포장된 지역이 60.7dB이었으며, 흙으로 다진 지역은 55.1dB로 측정되었다. 따라서 지반이 흙 혹은 콘크리트와 상관없이 15m이상 떨어질 경우 관련기준에 만족하는 것으로 나타났다. 하지만 일반적으로 현장파쇄시설을 설치하는 지역은 재개발 및 재건축지구로써 인접구조물에서 15m 이상 떨어져 있

기 때문에 현장파쇄시설 설치 시 진동에 대한 영향은 고려하지 않아도 된다고 판단된다.

표 7. 측정거리에 따른 현장파쇄시설 진동레벨

거리	콘크리트				흙			
	평균	중앙값	표준편차	관측수	평균	중앙값	표준편차	관측수
1m	72.5	72.5	1.01	111	72.21	72.25	1.071	66
7.5m	64.84	64.8	0.963	70	67.59	67.8	1.683	67
15m	60.73	60.6	1.032	73	55.09	54.9	0.965	68
22.5m	59.66	59.6	0.848	83	45.36	45.3	0.761	66
30m	52.34	52.3	0.968	69	41.21	41.2	0.688	67

### 4.2 소음측정 결과

현장파쇄시설의 소음레벨을 측정한 결과 <표 8>과 같이 7.5m에서 84.5dB, 15m에서 79.7dB, 30m에서 77.2dB로 측정되었으며, 60m 떨어진 거리에서 69.8dB가 측정되어 소음레벨 규제 기준에 적합한 것으로 나타났다. 그러나 2009년 1월부터 적용되는 65dB이하 기준을 만족하기 위해서는 90m정도 이격거리를 두어야 할 것으로 판단된다. 따라서 현재기준으로는 인접 구조물까지의 이격거리가 60m미만인 지역에서는 방음벽을 설치하여 소음민원에 대하여 사전 예방하여야 하며, 2009년 1월 이후 공사가 시행되는 지역에서는 강화된 기준을 고려해야 한다.

표 8. 측정거리에 따른 현장파쇄시설 소음레벨

거리	구분	평균	중앙값	표준편차	관측수
7.5m		84.53	84.16	1.3	350
15m		79.79	79.42	1.5	350
22.5m		78.20	77.92	1.3	350
30m		77.29	76.99	1.2	350
37.5m		75.67	75.43	1.1	350
45m		73.45	73.20	1.0	350
52.5m		71.30	70.88	1.5	350
60m		69.82	69.58	1.9	150
67.5m		68.46	68.16	1.9	150
75m		66.33	65.93	2.4	150
82.5m		65.34	64.95	1.8	150
90m		63.43	63.95	3.7	50

### 4.3 방음시설에 의한 소음레벨 저감량 분석

본 연구에서의 방음시설에 의한 소음 저감량을 예측하기 위하여 환경부에서 개발한 “건설공사장 소음 간이 예측 프로그램”을 이용하여 소음원으로부터 방음벽까지의 거리 2~6m, 방음벽 높이가 3~6m, 투과손실 7~20dB로 각각 다르게 가정하여 소음저

감량을 예측하였다. (환경부 2006)

결과는 [그림 4]와 같다. 분석결과 방음벽까지의 거리 6m, 방음벽의 높이 6m, 투과손실 7dB인 방음벽을 설치할 경우, 현 규제기준인 70dB에서는 30m, 향후 65dB 기준에 근거해서는 40m 이상 민원발생 예상지역으로부터 현장파쇄시설을 이격시켜야 한다. 또한 투과손실이 20dB인 방음시설을 설치할 경우, 현 기준 70dB과 향후 기준 65dB에 근거하면, 각각 7.5m와 15m를 이격시켜야 한다. 그러나 예측 프로그램은 방음벽의 상단을 통한 음의 경로에 대한 회절감쇠치로 계산할 뿐 방음벽의 측면을 통한 입사음, 지면 반사음, 방음벽의 흡음 등의 영향은 고려하지 않으므로 현장 방음벽 설치 여건에 따라 소음레벨 저감량이 달라질 수 있다.

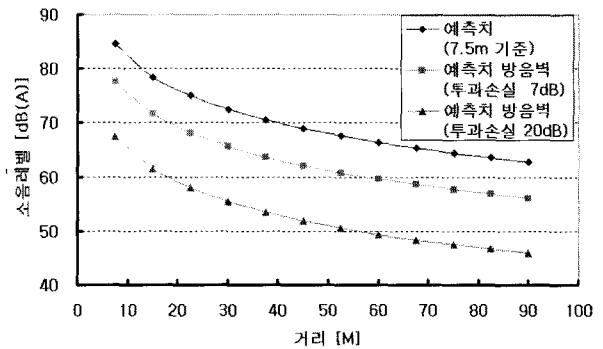


그림 4. 방음벽에 의한 현장파쇄시설의 소음레벨 저감량

### 4.4 분진측정 결과

분진의 주 발생원이 되는 이동식 파쇄기에서 약 7.5m, 15m 이격된 거리에서 측정한 분진발생량은 [그림 5]와 같다. 측정은 이틀간 약 10초 간격으로 총 3,800회 이상 측정을 실시하였으며, 아래의 그래프는 10분간의 평균값을 도식화한 것이다.

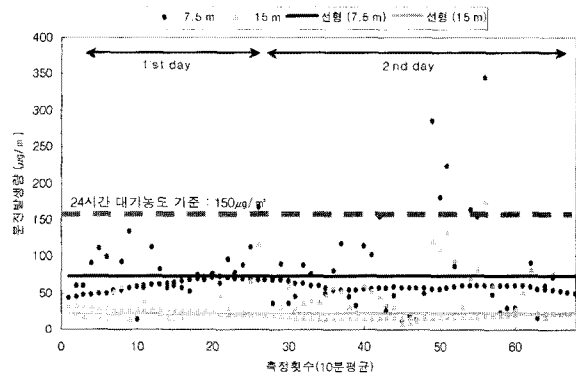


그림 5. 미세분진 발생량

본 연구에서 7.5m와 15m 이격된 거리에서 측정된 분진량은 각각 평균 83.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (표준편차 56.8), 42.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (표준편차 33.1)로 나타나 측정점으로부터의 거리가 2배 떨어졌을 경우, 분진량도 절반으로 감소하는 것으로 나타났다.

그러나, 일반적으로 건설·해체현장에서서의 분진 발생량은 발생원으로부터의 이격거리 외에 측정 당시의 기상상태, 즉 풍향, 풍속, 대기습도 등의 인자가 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 분진 발생원으로부터의 이격거리와 분진발생량이 정확히 반비례의 상관관계를 가진다고 볼 수는 없다. 분진발생량은 측정위치가 가까울수록 발생량이 증가하지만, 발생량의 표준편차가 심한 것으로 나타났으며, 이는 기후조건에 많은 영향을 받는다는 것을 나타낸다.

굴삭, 적재, 운반작업 등 건설공사에서 발생하는 분진 발생량은 약 10~1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (日本建設機械化協會 1979)로 알려져 있으며, 현재 우리나라에서 적용되고 있는 대기환경기준에 따르면 대기 중 미세먼지(PM 10)의 농도가 연간 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24시간 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 규정되어 있다. 본 현장에서의 분진 발생량은 대기환경기준을 만족하였을 뿐 아니라, 10분 평균값이므로 이를 24시간, 혹은 연간 발생량으로 환산하였을 경우 그 값이 보다 낮아져 민원 발생의 우려는 크지 않은 것으로 판단된다. 그러나 폐콘크리트의 적재 및 상하차 시 분진발생량은 24시간 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하기준을 초과하는 경우도 있으므로 작업자의 안전을 고려하여 방진마스크 착용을 의무화할 필요가 있다.

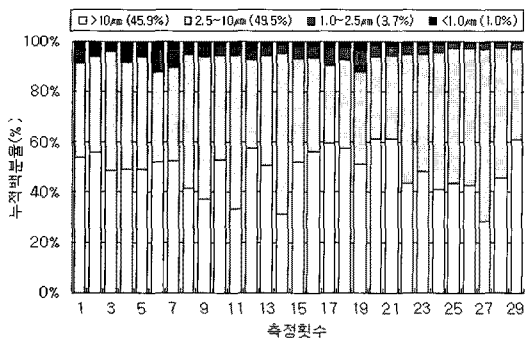


그림 6. 미세먼지 입경 분포

최근 천식 및 만성 기관지염 등의 호흡기 질환을 유발하는 것으로 알려져 있는 직경 2.5 $\mu\text{m}$  이하의 초미세입자에 대한 관심이 급증하고 있다. 본 현장에서도 건설현장에서 발생하는 분진의 입경 분포를 확인하기 위하여 이동식 파쇄기에서 15m 떨어진 지점에 측정기를 설치하고, TSP(Total Suspended Particle), PM 10(직경 10 $\mu\text{m}$  이하), PM 2.5(직경 2.5 $\mu\text{m}$  이하), PM 1(직경 1 $\mu\text{m}$  이하)을 각각 측정하였다. 그 결과 [그림 6]과 같이 전체 부유

분진 중 PM 10이 약 54.1%, PM 2.5가 4.7%, PM 1가 1%로 나타났으며, 그 외 직경 10 $\mu\text{m}$  이상의 분진이 약 45.9%를 차지하는 것으로 나타났다.

조사대상현장에서 발생하는 분진 중 초미세 먼지(PM 2.5 이하)의 평균농도는 3.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 비중은 크지 않은 것으로 나타났다. 현재 미국 환경보호청(EPA)에서 제시하는 연평균 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24시간 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하기준에는 만족하지만, 지속적으로 소량의 초미세먼지를 흡입할 경우에 대비해 작업자의 건강 및 안전 측면에서 작업감독이 초미세먼지 흡입에 대한 충분한 주의와 더불어 방진 마스크의 선택과 사용에 있어서도 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

#### 4.5 측정값과 예측값의 비교·분석

##### (1) 진동

대상현장에서 콘크리트 바닥의 경우 1m 이격거리에서 측정된 진동레벨을 기준으로 진동레벨 거리감쇠 이론식을 통한 예측값과 실측값을 비교하였다. 또한 흙으로 된 바닥은 15m 실측값을 기준으로 예측값과 실측값을 비교하였다. 그 결과 콘크리트 바닥의 경우 예측값에 비해 실측값이 높게 나타난 반면, 흙으로 다진 바닥은 예측값에 비해 실측값이 낮게 나타났다. 결과는 <표 9>와 같다.

표 9. 측정거리에 따른 실측 및 예측 진동레벨 비교

구분	실측 진동레벨						예측 진동레벨			
	콘크리트			흙			콘크리트		흙	
	평균	표준편차	관측수	평균	표준편차	관측수	예측치	오차	예측치	오차
거리										
1m	72.5	1.0	111	-	-	66	-	-	76.4	-
7.5m	64.8	1.0	70	-	-	67	57.1	-7.7	61.6	-
15m	60.7	1.0	73	55.1	1.0	68	50.0	-10.7	-	-
22.5m	59.7	0.8	83	45.4	0.8	66	44.8	-14.9	50.1	+4.7
30m	52.3	1.0	69	41.2	0.7	67	40.3	-12.0	46.7	+5.5

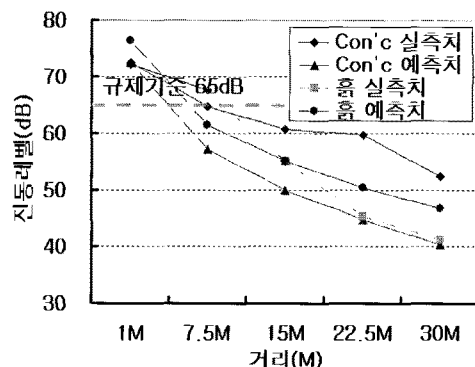


그림 7. 현장파쇄시설의 예측·실측 진동레벨 비교





(1) 진동

지반진동 저감을 위한 방진시설로는 방진구, 방진벽 등이 있으나, 단기간만 운용이 되는 현장파쇄시설의 특성상 위 시공법을 사용하기에는 경제성이 크지 않은 실정이다. 그러나 본 연구에서 진동레벨을 측정된 결과는 7.5m에서 64.8dB, 15m 이격거리에서 콘크리트 포장된 지역이 60.7dB이었으며, 흙으로 다진 지역은 55.1dB로 관련 기준을 만족하는 것으로 나타났으나, 이론식에 의한 예측값은 다소 부정확한 것으로 나타났다. 그러나 일반적으로 현장파쇄시설을 설치하는 지역은 재개발 및 재건축 지구이므로 인접구조물에서 15m보다 훨씬 떨어져 있기 때문에 현장파쇄시설 설치 시 진동에 대한 영향은 고려하지 않아도 된다고 판단된다.

(2) 소음

현장파쇄시설의 소음레벨이 현재의 관련기준을 충족시키기 위해서는 인접구조물까지 60m 이상의 이격거리를 두어야 하며, 2009년 1월부터 적용되는 65dB이하 기준을 만족하기 위해서는 90m 이상 이격거리를 두어야 한다. 현장파쇄시설 설치 시 이격거리를 만족시키지 못하면, 방음벽을 설치하여 소음을 저감시켜 사전에 민원발생을 예방하여야 한다. 만약 소음측정이 불가능할 경우 [식 2]이론식을 사용하여 소음 발생 정도를 예측하여, 예측값이 기준과 근사할 경우, 실측하거나 방음벽 설치를 고려하여야 한다. 방음벽의 설치 시 소음저감량을 환경부에서 개발한 “건설공사장 소음 간이 예측 프로그램”을 이용하여 예측하였다. 분석결과에 의하면, 투과손실 7dB인 방음벽을 설치 할 경우, 현 기준 70dB과 향후 65dB 기준을 고려하면 현장파쇄시설과 민원발생 예상지역의 거리는 각각 30m와 40m 이격되어야 하고, 투과손실이 20dB인 방음시설을 설치한 경우, 현 기준 70dB과 향후 기준 65dB으로 각각 7.5m와 15m를 이격시켜야 한다.

(3) 분진

본 연구에서 7.5m와 15m 이격된 거리에서 측정된 분진량은 각각 평균 83.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 42.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 24시간 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하로 규정을 만족한다. 그러나 폐콘크리트의 적재 및 상하차 시 분진발생량은 24시간 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하기준을 초과하는 경우도 있고, 지속적으로 소량의 미세먼지를 흡입할 경우 장기적으로 인체에 미치는 영향에 대비해 작업자의 건강 및 안전 측면에서 작업감독이 미세먼지 흡입에 대한 충분한 주의와 미세먼지를 흡입을 방지할 수 있는 방진마스크 착용을 의무화해야 한다.

사업자가 건설사업에 “현장재활용”을 고려할 경우 본 연구에서 제시한 현장파쇄시설의 소음, 진동, 분진의 예측 값과 이에

대한 대책방안이 환경 분쟁 및 민원을 최소화 하는데 활용될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구는 대규모 택지개발지구 및 150t/h 규모의 현장파쇄시설을 대상으로 하였기 때문에 실제 사업지구 및 공사여건에 그대로 적용하기에는 한계가 있을 수 있다. 따라서 공사규모 및 공사여건에 따라 폭넓게 적용할 수 있는 종합적인 “현장재활용” 계획기법 마련에 관련된 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 경기도보건환경연구원 (2007). “대기환경기준.” <<http://air.kihe.re.kr/>> (2007.12.04)
2. 광광수·김재수 (2001). “건설소음 규제기준 설정을 위한 기초적 연구-건설소음의 유형화를 중심으로-”, 한국주거학회지 제12권 제3호, 한국주거학회, pp. 149~150
3. 대한주택공사 (1999). “건설현장의 소음·진동·분진 평가 및 저감대책에 관한 연구-발파공사를 중심으로-.”
4. 박정봉·손기상 (2006). “건설소음·진동 실무론.” 기문당, pp. 123
5. 법제처 (2007). “소음진동규제법”, “대기환경기준법” 등. <<http://www.moleg.go.kr/>> (2007.09.20)
6. 서울시정개발연구원 (1997). “서울시 미세먼지 저감 및 관리방안 -소규모공사장 중심으로-.”
7. 유희중·한경연·광광수·김재수·양극영 (2004). “건설 현장에서 발생하는 비산먼지의 실태 및 영향에 관한 연구.” 한국건축시공학회 논문집 제4권 4호, 한국건축시공학회, pp. 109
8. 윤용문 (2006). “소음·진동관리 정책방향”, 2006년 춘계 학술대회논문집, 한국소음진동공학회, pp. 705~710
9. 정종석·이재성·조휘철·전명훈·이도현·방종대 (2006). “폐콘크리트의 현장재활용을 위한 경제성 지표개발-택지개발사업지구를 중심으로-.” 건설관리, 제8권 제4호, 한국건설관리학회, pp. 148
10. 한국토지공사 (1989). “단지개발에 따른 대기오염 확산에 관한 연구.”
11. 한국토지공사 (2005). “비산먼지 및 건설폐기물 처리에 관한 기초연구.”
12. 환경부 (2001). “소음·진동환경개선 중·장기계획(2002~2010).” pp. 18~19
13. 환경부 (2003). “소음·진동 공정시험방법.” 환경부 고시

- 제2003-221호
14. 환경부 (2006), “공사장 소음진동 관리지침서”, pp. 115~124
15. 환경부 (2007), “대기오염 공정시험방법.” 환경부 고시 제 2007-145호
16. 환경부 (2007), “2006년 16개 시도의 소음·진동관리시책의 추진실적.”
17. 日本建設機械化協會 (1979), “建設工事に伴う騒音, 振動, 粉塵の防止對策.”
18. 日本建設機械化協會 (2001), “建設工事に伴う騒音振動對策ハンドブック”
- 논문제출일: 2008.03.28  
 심사완료일: 2008.05.23

### Abstract

Recently, the construction wastes rapidly increase because of redevelopment, the development of new urbanization of large housing development, the expansion of social infrastructure. With increase of the construction noise, vibration, and dust caused by these developments, environmental conflicts and civil appeals increase. Moreover, the Government will reduce environmental level in the near future. Therefore, it will be expected to increase environmental conflicts and civil appeals related to construction noise, vibration, and dust. To minimize environmental conflicts and civil appeals, this study suggest the plan of prevention of environmental confliction and civil appeal by analyzing and measuring vibration, noise level, and dust of in-site crusher facilities at large land development district

Keywords : In-site recycling, Construction Vibration, Noise Level, Minute Dust