

건설사업장의 날림먼지 및 소음 저감 기술 적용사례 비교분석

Comparative Study on the Control Technologies of Fugitive Dusts and Noise of Construction Project in Korea

구 자 건* 강 미 연** 서 용 철***
Koo, Jakon Kang, Mi-Youn SEO, Yong-Chil

Abstract

This study was carried out to propose the optimum technologies that can be applicable to noise and fugitive dust controlling in construction sites by comparative analysis in cases. The ninety three environmental management technologies applied to fifty-five construction projects conducted during 2005~2007 in Korea were analyzed by checklist method. The construction companies paid more attention to the noise and fugitive dust controlling technologies than the waste and wastewater. The diverse pollution controlling techniques were applied to the architectural projects than the civil projects to meet the environmental requirements in residential area. The fugitive dust controlling technologies(75.3%) were more widely applied to all construction projects than the noise controlling technologies(24.7%). As the noise controlling techniques, the noise barriers in wall-form which are set up as boundary in construction site were more widely used than the noise barriers in curtain-form, in cabin and silencers. Water spraying systems, wind barriers and mechanical sweepers were the preferred technologies for controlling fugitive dust emission.

키워드 : 건설공사, 환경관리기술, 소음, 날림먼지

Keywords : construction project, environmental management technology, noise, fugitive dust

1. 서 론

1.1 연구의 배경

건설 사업장에서 발생하는 환경문제의 대표적인 유형은 소음·진동과 날림먼지이다. 이를 증명하듯이 환경부의 2006년도 하반기 건설업체 환경 신인도 조사결과에 따르면, 총 82개의 대상사업장 중 날림먼지 억제시설 미설치 현장이 34곳, 날림먼지 억제시설 미이행 현장이 23곳으로 전체 사업장의 70%가 날림먼지와 관련된 환경오염 및 법규를 위반한 것으로 나타났다.

이 조사에 의하면 소음진동 발생행위 중지명령 위반으로 고발된 것은 1건밖에 없었으나, 공사장에서 발생하는 소음과 진동으로 인한 민원도 증가하는 추세이다. 이러한 환경문제로 인한 피해를 예방하기 위해 ‘공장·건설공사장·도로·철도 등으로부터 발생하는 소음·진동으로 인한 피해를 방지하고 소음·진동을 적정하게 관리·규제하여 모든 국민이 조용하고 평온한 환경에서 생활할 수 있게 함

을 목적’으로 소음·진동규제법이 제정되어 있다. 소음·진동규제법 시행규칙에서는 방음덮개시설, 방음벽시설, 방음터널시설, 흡음장치 및 시설 등을 통해 소음·진동을 저감하도록 하고 있다.

대기환경보전법에서는 건설사업 수행시 ‘일정한 배출구 없이 대기 중에 직접 배출되는 먼지를 발생시키는 사업에 대해 비산먼지의 발생을 억제하기 위한 시설을 설치하거나 필요한 조치를 하여야 한다.’(제43조)고 규정하고 있다. 또한 대기환경보전법 시행규칙에서는 배출공정에 따라 방진덮개 및 방진망(막), 고정식 혹은 이동식 물뿌림 시설과 집진시설을 통해 날림먼지 발생을 억제하도록 하고 있다.

소음·진동과 날림먼지의 발생은 공사 유형과 공정에 따라 다르나 비산먼지의 경우 토공사:구조물공사:내장공사에서의 발생 비율이 약 100:67:87이라는 연구자의 보고가 있다(Huang YH, et al, 2007).

일반적으로 건설 환경관리는 비용이 많이 소요된다고 생각하여 적극적인 환경관리를 기피하는 경향이 있었으나, 정부에서 발주하는 건설공사의 입찰 참가자격 사전심사(PQ)와 적격심사의 신인도 평가에서 불이익을 받게 되어 건설현장의 환경관리를 적극적으로 하고 있는 기업이

* 교신저자, 연세대학교 환경공학부 교수
(koo904@yonsei.ac.kr)

** 연세대학교 대학원 환경공학부 석사과정

*** 연세대학교 환경공학부 교수

증가하고 있다. 일부 국가의 경우 대형 건설업체에 대해 품질경영체제(ISO 9001)나 환경경영체제(ISO 14001) 인증을 의무화하고 있으나 전세계적으로는 민간기업의 환경관리 능력 제고를 위한 자율적인 제도로 운영되고 있다(Ofori G, Gang G, Briett C, 2002). 건설사업장 역시 관계 법령에서 규정하고 있는 배출허용 기준치를 초과하지 않는 것에서 한걸음 나아가서 각 건설작업장에서 자율적으로 법적 환경기준의 70~90%에 해당하는 환경기준치 목표를 설정하고 이를 성취하기 위해 관리·운영하고 있는 추세이다. 또한 일부 선도적인 건설현장의 경우 EHSQ(Environment, Health, Safety & Quality) 통합관리 시스템을 도입해 운영하고 있으며 다양한 친환경 공법의 적용을 통해 환경관리의 효율성을 제고하기 위해 노력하는 추세이다.

1.2 연구의 목적

이 연구는 건설 사업장에서 적용하고 있는 환경오염 방지기술 적용 사례 중 소음·진동과 날립먼지 예방 및 저감 기술 적용 사례들을 비교 분석함으로써 건설사업장에서 적용 가능한 소음 저감과 날립먼지 발생 억제 최적 기술을 제시하는데 목적을 두고 있다.

2. 사례분석 대상 및 방법

2.1 사례분석 대상

이 사례 연구는 2005년부터 2007년 기간 중 대한건설협회와 건설환경관리인협회가 공동 주최한 ‘건설환경관리 우수사례 경진대회’의 3개년도 55개 현장을 분석 대상으로 하였다. 분석대상 현장은 2005년 18개, 2006년 21개, 2007년 16개, 각 현장에 적용된 단위기술 93종을 대상으로 하였다(대한건설협회, 건설환경관리인협회, 2005, 2006, 2007).

2.2 분석 방법

관계 법령에서 규정하고 있는 소음·진동과 날립먼지 저감 시설별로 체크리스트에 의해 사례를 분석한 후 건설사업 유형별로 아파트나 건축물 등의 시설물 설치는 건축분야로, 사회간접자본과 관련이 있는 대규모 부지 조성이나 기반시설 공사는 토목분야로 구분해서 소음과 날립먼지 저감 기술의 특성을 분석하였다. 아울러 각 연도별 건설환경관리 기술중 소음과 날립먼지 저감 기술이 차지하는 비율을 분석하였다.

3. 사례분석 결과 및 고찰

3.1 소음

건설현장 소음의 주요 발생원은 동력(모터) 기기사용 소음, 원료 및 제품 운반시 소음, 작업기계 발생 소음으로 구분할 수 있다. 소음저감 대책으로 대표적인 것은 발생원 관리(source control), 경로 관리(path control), 수음원 관리(receiver control) 등 3가지 방법이다(Gilchrist A,

Allouche EN, Cowan, 2003). 본 연구에서는 소음방지·저감시설을 소음·진동규제법 시행규칙 별표 2에서 정하고 있는 방지시설 유형에 따라 방음벽, 방음막, 소음기·방음덮개·방음터널과 같이 3가지 유형으로 분류하였다. 소음저감 23개 기술을 대상으로 분야별로 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 방음벽

건설 현장에서 사용되고 있는 방음벽은 대부분 고정식이었으며, 부지 경계선상에 위치하고 있었다. 자체 무게와 횡방향 풍하중을 고려하여 방음벽 기초나 앵커로 지하계끔 설계된 12m 방음벽이나 공기주입식의 이동형 방음벽과 같은 형태도 있었다. 도시 미관을 고려한 투명 방음벽의 형태도 활용하고 있었다.



a) 투명 방음벽



b) 풍선형 에어매트 방음벽



c) 12m 방음벽



d) 에어백 방음벽

그림 1. 방음벽에 의한 소음저감시설 사례

2) 방음막

발생원에서 효과적으로 소음을 저감할 수 있는 이동식 대형 방음천막 이외에도 소규모 작업 현장에서 큰 물리적 시설 없이 사용되는 중소 규모 형태가 많았다.



a) 이동식 대형 방음천막



b) 펌프카용 이동형 방음막

그림 2. 방음막에 의한 소음저감시설 사례

3) 소음기·방음덮개·방음터널

중장비에서 나오는 소음을 차단하는 소음기와 방음벽으로는 효과를 제대로 발휘할 수 없을 때 설치된 밀폐형 방음터널이 사용되고 있었다.



그림 3. 소음기·방음덮개·방음터널에 의한 소음저감시설 사례

3.2 날림먼지

건설현장의 날림먼지 주요 발생원은 크게 토공사, 야적과 같은 토목공사에서 발생하는 토사 먼지와 외부 뿜칠과 같은 도장작업, 벽체 연마작업, 각종 절단작업, 바닥청소와 같은 건축공사에서 발생하는 먼지로 구분할 수 있다. 방지·저감시설로는 대기환경보전법 시행규칙 별표 4에서 정하고 있는 방지시설 유형에 따라 8가지로 분류하였다. 날림먼지 저감 70개 기술을 대상으로 분야별로 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 방진벽

야적물질의 최고저장높이의 1/3 이상의 방진벽을 설치하고, 최고 저장 높이의 1.25배 이상의 방진망(막)을 설치하도록 되어있다. 다만, 건축물축조 및 토목공사장·조경공사장·건축물해체공사장의 공사장 경계에는 높이 1.8m(공사장 부지 경계선으로부터 50m 이내에 주거·상가 건물이 있는 곳의 경우에는 3m) 이상의 방진벽을 설치하되, 둘 이상의 공사장이 붙어 있는 경우의 공동경계면에는 방진벽을 설치하지 아니할 수 있다.



그림 4. 방진벽에 의한 날림먼지 저감시설 사례

2) 분진망(막)

건축분야 공사현장의 경우 건물전체를 분진망으로 덮는 형태와 세대별 분진망 형태로 개구부에만 분진망이 설치된 경우의 수가 비슷했다. 이외에도 외부 도장시 분

진 억제 프레임이나 시멘트 야적장에서 쓰이는 이동식 분진망의 형태가 있었다.

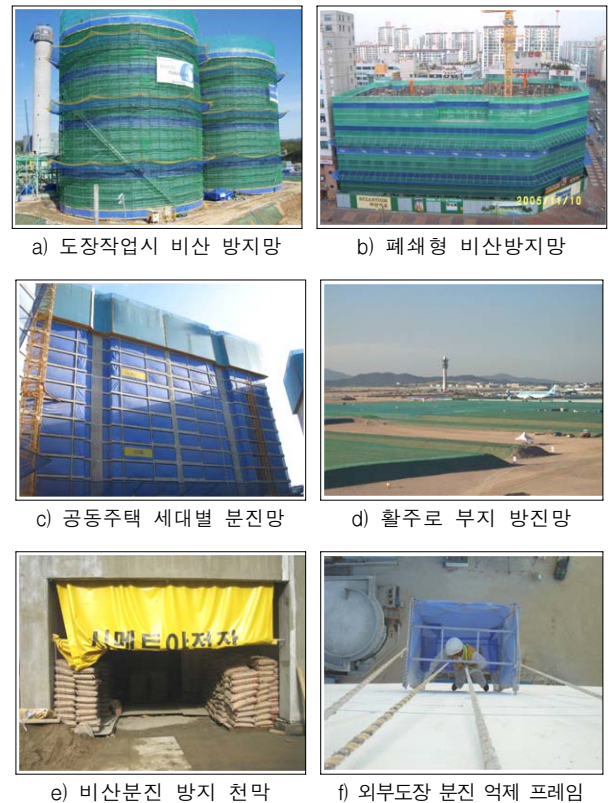


그림 5. 분진망(막)에 의한 날림먼지 저감시설 사례

3) 방진덮개(복포)

야적물질을 1일 이상 보관하는 경우 방진덮개로 덮도록 되어있다. 또한 법면 보호나 야외 이송시설은 밀폐화하여 이송 중 먼지의 흩날림을 저감하도록 설치하고 있었다.

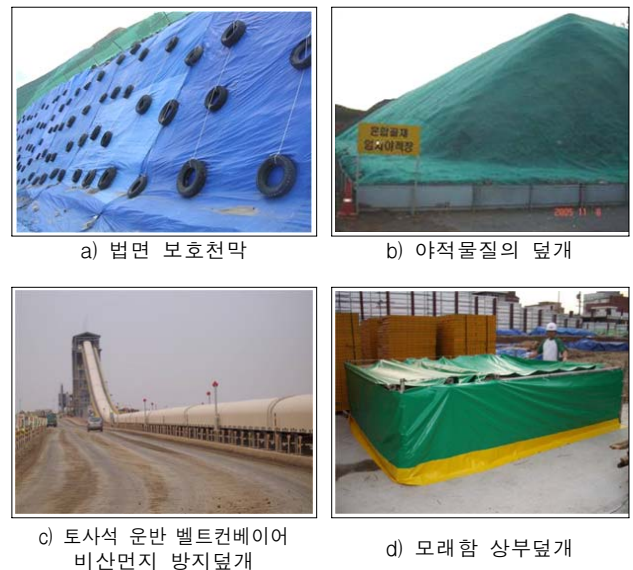


그림 6. 방진덮개(복포)에 의한 날림먼지 저감시설 사례

4) 세륜시설

대규모 건설현장의 경우 세륜시설을 2열 배치하여 대기시간을 최소화 하였으며, 공사장 차량뿐만 아니라 승용차를 위한 세륜시설이 설치된 곳도 있었다. 대부분의 현장에서 고압살수를 통한 자동 세륜시설이 사용되고 있었다.



a) 자동 세륜시설 b) 방음터널형 세륜기 및 세륜장
c) 세륜기 1열 2대 배치 d) 승용차 세륜시설

그림 7. 세륜시설에 의한 날림먼지 저감시설 사례

5) 살수차

통행차량의 운행기간 중 공사장 안의 통행도로에는 1일 1회 이상 살수하도록 되어있다. 공사장 안의 도로 뿐만 아니라 공사장에 인접한 도로에도 살수차를 운영하고 있었다.



a) 빗물 재활용 살수차 b) 진입램프 포장 및 살수차 운영

그림 8. 살수차에 의한 날림먼지 저감시설 사례

6) 살수시설

공사장 안의 통행도로에 설치된 고정식 살수시설과 이동식 스프링클러가 가장 일반적인 형태였으며, 굴착기용 일체식 살수설비를 설치한 경우도 있었다.



a) 워터커튼 시스템 b) 차량 이동통로 스프링클러

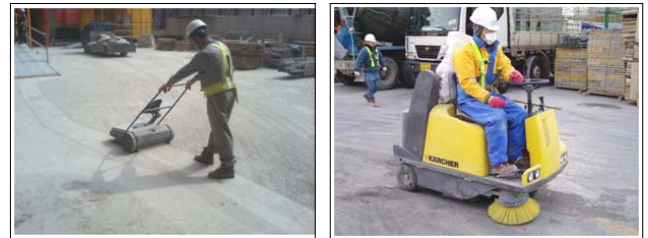


c) 이동식 스프링클러 d) 굴착기용 일체식 살수설비

그림 9. 살수시설에 의한 날림먼지 저감시설 사례

7) 청소기(진공/흡입)

실외의 경우 한정된 공간에서 효과적으로 운영할 수 있으며, 실내 작업장에서는 석면 제거용 청소기를 활용하고 있었다.



a) 무동력 집진기 b) 바닥 청소차량 운영

그림 10. 청소기(진공/흡입)에 의한 날림먼지 저감시설 사례

8) 임시 및 가설도로 포장

공사현장이 비포장 도로인 경우에는 포장, 간이포장을 하고 있었다.



a) 이동통로 잡석포설 b) 자갈깔기

그림 11. 임시 및 가설도로 포장에 의한 날림먼지 저감시설 사례

3.3 비교 분석

1) 유형별 비교 분석

2005년부터 2007년까지의 친환경공법 우수 사례 중 소음·진동 관련 시설에 대한 사례는 2005년 33%, 2006년 24%, 2007년 69%를 차지하고 있으며, 날림먼지 관련 시설에 대한 사례는 각각 39%, 52%, 63%를 차지하고 있었다. 총 55개의 건설사업장 중 8건의 토목공사를 제외한 대부분의 친환경 공법 사례는 아파트 건설현장과 건축물 신설과 같은 건축공사 현장에 적용되고 있었다.

표 1. 건축 및 토목공사 유형별 사례 분류

구분		건축	토목
소음	방음벽	15	1
	방음막	5	0
	소음기·방음덮개·방음터널	2	0
	소계	22	1
날림먼지	방진벽	4	1
	분진망(막)	14	0
	방진덮개(복포)	6	2
	세륜시설	8	0
	살수차	7	0
	살수시설	14	1
	청소기(진공/흡입)	9	2
	임시 및 가설도로 포장	2	0
	소계	64	6
계	86	7	

주 : 55개 건설 현장에 대해 적용 기술을 중복 산정한 결과임.

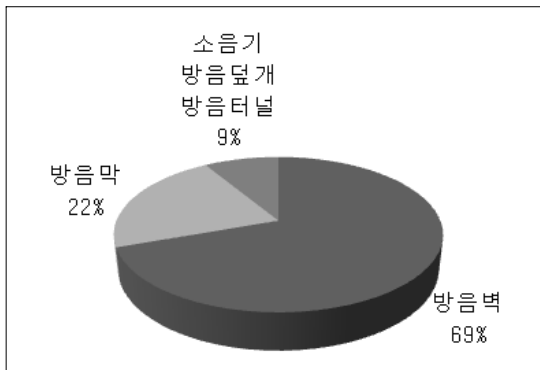


그림 12. 소음 방지시설 유형별 비교

특히 소음을 저감하기 위한 방지시설의 경우 건축현장(22개소)이 토목현장(1개소)에 비해 월등히 많아서 주거지 등 민원 유발 지역에 인접한 건축 현장에서 빈번히 활용되고 있음을 확인할 수 있었다. 유형별로는 그림 12에서 보듯이 방음벽이 69%로써 방음막(22%)이나 소음기·방음덮개·방음터널(9%)에 비해 활용성이 높았다.

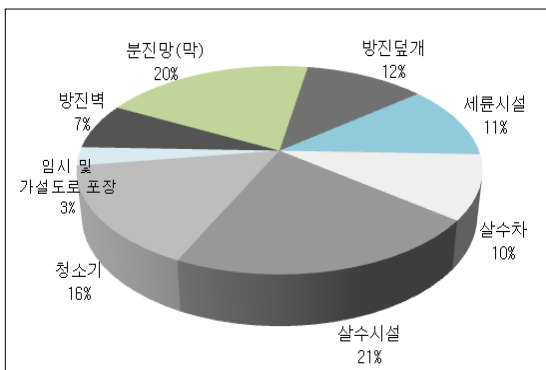


그림 13. 날림먼지 방지시설 유형별 비교

날림먼지 방지시설의 경우 그림 13과 같이 살수시설이 21%로 사용 비율이 가장 높았으며 이어서 분진망(20%), 청소기(16%), 방진덮개(12%), 세륜시설(11%), 살수차(10%), 방진벽(7%), 임시 및 가설도로 포장(3%) 순이었다.

2) 소음저감 기술별 비교 분석

표 1의 유형별 사례 중 소음 저감 분야에 적용된 23개(건축 22개+토목 1개) 기술 중 소음저감 효과와 비용의 산정이 가능한 형태로 운영하고 있는 기술은 12개 기술이었다. 국내 현장에 적용되고 있는 환경오염 방지시설의 경우 오염저감 기술을 적용하고 있음에도 불구하고 사후 모니터링이나 성과 평가가 미흡해 소음 저감 효과와 투자 비용을 확인하기 어려운 경우가 많았다.

12개 기술을 소음 저감 효과와 투입 비용별로 비교 분석한 결과는 표 2에 제시하였다. 건설현장이 소음 저감을 위해 적용하고 있는 기술을 살펴보면 철근 가공대에 고무 띠를 씌우는 간단한 유형에서부터 대규모 방음벽에 이르기까지 매우 다양하게 나타났으며, 투자 비용역시 단위 기술 당 20만원에서 8,150만원까지 매우 큰 편차를 보였다. 소음저감 효과는 스프릿형 방음벽이 25dB(A)로 가장 큰 것으로 나타났으며, 건축물의 거푸집 해체의 바닥용 방음 패드, 흡음재와 이동형 방음판 결합 기술, 이동형 방음천막, 철근 가공대 고무 씌움 등의 기술이 10dB(A) 이상의 소음 저감 효과가 있는 기술로 분석되었다.

그 반면에 버켓 크레인 방음벽, 에어 방음벽, 갱폼 외부 방음벽 등은 5~6dB(A)의 저감 효과를 보여서 소음 저감 효과가 비교적 낮은 기술로 나타났다.

표 2. 소음저감 기술별 소음 저감 효과 및 비용

번호	적용 기술	소음저감 효과(dB)	비용(천원)
1	이동식 방음벽	8	3,470/개
2	이동형 방음 천막	10	71,400/세트
3	투명 방음판	9	81,500/세트
4	에어 방음벽	5	13,000/세트
5	버켓 크레인 방음벽	5	8,600/개
6	흡음재+이동식 방음판	15	600/세트
7	철근 가공대 고무 씌움	10	200/개
8	이동식 에어매트	8	3,000/세트
9	스프릿(split)형 방음박스	25	3,475/개
10	매직 판넬	13	35/m ²
11	갱폼 외부 방음벽	6	1,160/개동
12	바닥용 방음 패드	15	300/개층

표 2의 12개 소음저감 기술 중 공통 단위(개, 세트)를 기준으로 비용을 제시한 1~9번의 9개 기술에 대하여 비용과 소음저감 효과를 비교해본 결과, 건설현장에서 소음 1dB(A) 저감 수치 당 투입 비용은 철근 가공대에 고무벨트 씌우는 간단한 기술이 2만원으로 가장 저렴한 기술로 나타났다. 소음저감 기술로써 고가의 비용이 소요된 투명

방음판, 이동형 방음 천막의 경우 1dB(A) 저감 수치당 714~906만원 정도의 비용이 투자된 것으로 나타났다.

그러나 현장에 적용된 개별 기술의 경우 현장의 공간적 여건, 민원 발생 유무, 운영 건설사의 기술 수준 등 다양한 요인에 의해 차이가 나므로, 소음저감 효과와 투입 비용 사이에 의미있는 상관관계는 발견되지 않았다. 건설현장의 환경관리 기술 최적화를 위해서는 향후 건설업체들이 건설환경관리비 예산 편성과 집행을 표준화된 지침에 의해 수행하고, 환경오염 저감 효과를 정량화 할 수 있는 지침안의 마련이 바람직하며, 이에 대한 보완적 연구가 필요하다.

3) 날림먼지 저감 기술별 비교 분석

표 1의 유형별 사례 중 날림먼지 저감 분야에 적용된 70개(건축 64개+토목 6개) 기술 중 날림먼지 저감 효과와 비용 산정이 가능한 현장 기술은 6개 기술이었다. 이를 저감효과와 비용을 비교해 살펴본 결과는 표 3과 같다. 날림먼지 분야의 경우 저감효과나 비용에 대한 근거 자료는 배기 덕트와 살수장치 2개 기술에서 분석이 가능했다. 국내 건설현장의 경우 환경오염 저감 기술의 효과와 비용을 정확히 기록 관리하고 있지 않은 경우가 많아 분석의 제한점으로 작용했다. 6개 날림먼지 저감 기술 중 배기덕트는 국소형 배출 시설이며, 살수장치의 경우 토사가 적치된 공사 현장에서 발생하는 고농도의 날림먼지에 대한 제거 기술로 사용되는 특성상 각각 670 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 높은 날림먼지 저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 수직 분진망이나 발코니 분진망 등을 이용한 날림먼지 저감 효과는 개방 공간에서 정확히 측정이 곤란한 특성 때문에 국내 건설 현장의 경우 오염 저감 효과를 모니터링하거나, 관리하고 있지 않은 것으로 나타났다.

표 3. 날림먼지 저감 기술별 소음 저감 효과 및 비용

번호	적용 기술	먼지저감 효과($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	비용(원)
1	PVC 수직 분진망	N.A.	3,000/ m^2
2	발코니 분진망	N.A.	4,000/ m^2
3	스프링롤러	N.A.	1,500,000/개
4	외부도장 분진 억제	N.A.	2,100/ m^2
5	배기 덕트	670	25,000,000/set
6	살수장치	440	18,000,000/set

주 : N.A.(Not Applicable)는 해당 데이터 결측을 나타냄.

4. 결론

2005~2007년 기간 중 국내 주요 건설사들이 55개 건설 현장에 적용하고 있는 93종의 친환경 소음·진동 및 날림먼지 방지기술을 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 친환경 공법 적용 현장은 토목현장 7건(7.5%), 건축현장 86건(92.5%)으로 건축현장이 약 12배 많은 것으로 분석되었다. 이는 토목공사의 경우 대단위 규모이고 주거지역과 원거리에 위치해 있는 경우가 많은 반면, 건축현장은 아파트나 주상복합 건물 등 주거지역과 근접해 있

으므로 민원 발생을 예방하기 위한 유인이 강하기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 주요 건설현장은 소음분야(24.7%)보다는 날림먼지 분야(75.3%)에 다양한 친환경 공법을 적용하고 있는데, 이는 날림먼지 저감기술이 소음·진동에 비해 상대적으로 저비용으로 현장에 적용 가능하다는 점에서 활발히 활용된 것으로 생각된다. 날림먼지 저감 시설로 분진망과 살수시설, 세륜시설 등 3개 유형의 범접 시설이 공통적이며 건축현장의 경우 기계식 청소기를 추가하여 최적화하는 추세로 나타났다. 이는 건축현장의 바닥 청소작업이 과거의 수작업에서 전동식 또는 기계식 장비로 전환되는 추세를 반영한 결과로 판단된다.

셋째, 소음저감 분야의 적용 기술로는 방음벽(16건)>방음막(5건)>소음기(2건) 등의 순으로 나타나 소음을 저감하기 위한 방지시설로 건설현장 부지 경계선에 설치하고 있는 고정식 방음벽이 가장 보편적인 시설로 나타났으며, 이동식 방음벽을 추가 투입하여 최적 운영 관리하는 것으로 분석되었다.

넷째, 소음 저감, 날림먼지 저감 등 건설현장 환경관리 기술의 최적화를 위해서는 건설현장 환경관리비 예산 편성과 집행을 표준화할 수 있고, 이를 통해 환경오염 저감 효과를 정량화 할 수 있는 건설현장 환경관리 지침안의 마련이 필요하다.

참고문헌

1. 대기환경보전법(법률 제8976호, 2008.2.29 일부 개정)
2. 대기환경보전법 시행규칙 별표14(일부개정 2008. 9. 19 환경부령 제 297호)
3. 대한건설협회, 건설환경관리인협회, 2005, 제1회 우수 건설환경시설 경진대회 자료집(18개 사업장).
4. 대한건설협회, 건설환경관리인협회, 2006, 제2회 우수 건설환경시설 경진대회 자료집(21개 사업장).
5. 대한건설협회, 건설환경관리인협회, 2007, 제3회 우수 건설환경시설 경진대회 자료집(16개 사업장).
6. 소음·진동규제법(법률 제8976호, 2008.3.21 일부 개정)
7. Gilchrist A, Allouche EN, Cowan D(2003), Prediction and Mitigation of Construction Noise in an Urban Environment, Can. J. Civ. Eng. 30(4):659~672.
8. Huang YH, Tian G, Qin JP, Li G, Yan BL(2007), Characteristics of Fugitive Dust Pollution in Different Construction Phases, Pub Med, 28(12):2885~8.
9. Ofori G, Gang G, Briett C(2002), Implementing Environmental Management Systems in Construction: Lessons from Quality Systems, Building and Environment, 37:1397~1407.

투고(접수)일자: 2009년 1월 5일

심사일자: 2009년 1월 8일

게재확정일자: 2009년 2월 20일