

건설업 근로자의 유해 작업 환경 노출 실태에 관한 연구

고려대학교 의과대학 예방의학교실 및 환경의학연구소¹⁾, 옥천전문대 환경공업과²⁾,
일본 동경대학교 의학과 대학원 공중보건 및 산업의학과³⁾
최재욱^{1)†} · 문정수¹⁾ · 김정아¹⁾ · 원정일²⁾ · 박희찬³⁾

-Abstract-

Health Hazardous Substances in Construction Work in Korea

Jae-Wook Choi^{1)†} · Jung-Soo Mun¹⁾ · Jeong-Ah Kim¹⁾ · Jeong-Il Won²⁾ · Hee-Chan Park³⁾

*Department of Preventive Medicine & Institute for Environmental Health, College of Medicine,
Korea University, Seoul, Korea¹⁾*

Department of Environmental Engineering, Okchon College, Chungbuk Province, Korea²⁾

*Department of Public Health and Occupational Medicine, Graduate School of Medicine,
The University of Tokyo, Tokyo, Japan³⁾*

This study was performed to evaluate the working conditions in construction workers through measurements of working environments and to improve the working conditions and to design the appropriate environmental and health management system.

The results of measurement for working environments in construction work are as following:

1. The excess rate of noise and dust concentration in express highway construction, road construction, building construction and interior painting was 28.6% and 24.5% respectively.
2. The excess rate of mixed organic solvents concentration in interior painting was 39.3%.
3. The chain type bulldozer has the highest level of vibration; the excess rate was 85.7%. and among the vibration instruments, the level of left hand's vibration of all vibrators exceeded the criterion

and in the case of drilling all the level of vibration exceeded the criterion in both hands.

On the basis of the results in this research the environmental and health management system for construction workers must be considered. Therefore, it is necessary to be introduced the special medical examination and measurement of working environments in construction industry. In defining "the working place" of Article 39 of Enforcement regulations of industrial safety and health act, the word "indoors" should be deleted. Then the eligible industry for measurement of working environment must be extended. And it is also necessary for construction industry to be performed group health management service by agencies such as other manufacturing industry.

Key Words : construction, noise, dust, organic solvents, vibration, Korea

접수일 : 1999년 10월 2일, 채택일 : 2000년 4월 7일

* 본 연구는 한국산업안전공단 산업안전보건연구원의 연구비 지원에 의해 이루어졌음.

† 교신저자 : 서울특별시 성북구 안암동 5가 126-1 고려의대 예방의학교실 및 환경의학연구소
Tel) 02-920-6407, Fax) 02-927-7230, E-mail) shine@mail.korea.ac.kr

I. 서 론

건설 작업은 여타 제조업 공정에 비해 다양한 작업과 공정이 동시에 이루어지고 있으며 또한 작업 공정의 종류와 작업장소가 수시로 바뀌는 것과 같은 작업 특성이 존재한다. 건설작업은 작업인원이 유동적이고 공사규모가 대형화, 고층화, 심층화되고 있어 열악한 작업환경, 교통장애, 인근 구조물, 지하구조물 등의 위험이 동반되는 악조건을 항상 동반하고 있다. 실제로 작업환경측정은 작업시간 내내 실시하여야 함에도 불구하고 이러한 건설현장의 전형적인 특성과 노출환경이 매우 다양하기 때문에 작업자별 작업시간 동안의 측정은 한계가 있다. 이러한 건설현장의 작업특성을 감안하여 개발된 작업환경 측정평가방법이 TBA(task-based assessment)이다(NIOSH, 1994). 작업시간동안 개인적인 근로자의 노출을 측정하기보다는 작업 기간동안 특별한 작업단위에 대하여 측정을 하는 이 방법은 작업별 특정 유해요인에 대한 노출과 원인요소를 알 수 있고, 관리수행이 좀 더 효율적으로 이루어질 수 있다. 아울러 이러한 방법으로 평가된 작업은 노출의 양과 종류를 평가하고 관리방안을 결정하는 것이 가능하다. 다만 TBA와 같은 새로운 측정 평가 방법의 경우 아직까지는 표준방법이 확립되지 않아 연구자에 따라 다양한 평가방법이 제시되고있어 보다 충분한 검토가 요구된다. 현재까지 TBA를 적용한 평가 연구들은 단순한 형태의 작업단위를 기초로 한 평가 사례에서부터 각 업무별 측정치들을 새로운 함수모형을 사용하여 통계적으로 처리하는 등 다양한 수준에서의 시도가 이루어지고 있다.

건설업 경우 일회성의 지도점검 및 교육에 의한 잔재예방은 한계가 있으며, 건설현장 5만 여개에 대한 안전보건 관리는 감독 인력의 부족, 다단계 하도급에 의한 공사수행으로 직업병 및 재해예방을 위한 협력업체 상호간 협조조정 어려움 등이 많다(산업안전선진화 3 개년 계획안, 1996). 그리고 신공법, 신기술

의 도입과 이에 따른 복합적 위험이 증대되어가고 있으나 대부분의 건설현장 근로자들은 그러한 작업의 특성 및 여러 가지 제약으로 인해 체계적인 관리를 받지 못하고 있으며, 특히 안전과는 달리 보건관리는 최소한의 조치라 할 수 있는 특수건강진단이나 작업환경측정과 같은 서비스도 받지 못하고 있어 산업보건의 사각지대에 방치되고 있는 실정이다.

산업안전보건법 시행규칙 제93조에서는 작업환경 측정 대상작업장을 '옥내 작업장'으로 규정하고 있어서 건설업과 같은 옥외 작업장에 대해서는 작업환경 측정이 전혀 이루어지고 있지 않은 실정이다. 국내에서도 건설업에서 산업안전분야에 대한 몇 편의 연구(이흥, 1993; 권태식, 1993; 장동일, 이명구, 1996; 이영섭, 1996)가 있어왔으나 그간의 연구는 안전교육 및 건설장비의 점검에 대한 내용이 주를 이루며 산업보건 관리의 측면과 관련이 있는 작업환경에 대해서는 아직 체계적인 연구가 전무한 상태이고 건설현장에 대한 작업환경 관련 및 기타 산업보건문제에 대하여는 실태 보고조차 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 건설 작업 현장에서의 작업환경 측정을 통하여 국내 실태를 파악하여 건설업 근로자의 작업환경을 개선하고 적절한 보건관리 방안을 마련하기 위해 이루어졌다.

본 연구는 다음과 같은 연구 목적을 갖는다.

첫째, 한국표준산업분류 건설업 중 건축물 축조 및 토목 공사업(분류코드:452)과 이에 관련되는 전문건설업인 건물설비 설치 공사업(분류코드:453), 건축마무리 공사업(분류코드:454)등의 생산과정에서 발생할 수 있는 작업환경 유해인자에 대한 실태를 조사한다.

둘째, 상기에서 열거한 작업장에서 확인된 작업환경 유해인자에 대하여 작업환경측정을 실시하여 노출 수준을 평가한다.

셋째, 건설업에서의 작업환경측정 결과를 '97년 제조업의 작업환경 측정자료와 비교하여 유해인자별 노출 기준의 초과율을 살펴본다.

넷째, 우리 나라 건설업 작업환경의 관리 방안을 제시한다.

궁극적으로 본 연구의 목적은 건설업에서의 산업 보건관리 실태를 파악하여 기초 자료를 생성하고 이를 토대로 향후 건설업에서의 작업환경 개선 및 보건관리를 위한 방안을 모색하는데 있다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

한국표준산업분류(1998, 통계청) 건설업 중 건축물 축조 및 토목 공사업(452)과 이에 관련되는 전문건설업인 건물설비 설치 공사업(453), 건축마무리 공사업(454)등의 생산과정에서 발생할 수 있는 작업환경 유해인자에 대한 실태를 조사하였다. 조사 대상 작업장은 표 1과 같이 도로건설 토목공사, 아파트 건축, 상업용 사무실 건설, 도로포장 공사 및 건물 내부 도장 공사 작업장이었다. 도로 토목건설 공사는 고속도로 건설을 위한 도로와 다리 토목공사가 진행중이었으며 아파트 건축은 1,500세대의 아파트 건설공사이었다. 건물 내부 도장은 총 3개의 작업장에서 이루어졌으며 도로 포장 공사는 1개소의 작업 현장에서 이루어졌다.

표 1. 연구대상 건설현장의 일반적인 특징.

공사의 종류	개소	근로자수	현재 공사	비 고
토목공사 (도로, 다리 토목공사)	1	100	240m 교량1개, BOX(통로,수로) 20개소	공사규모 : 4.5km 왕 복 4차선 건설공사
도로포장업	1	20	관공서 주차장 (아스콘 포장)	
아파트 건축	1	450	토목관련 공사 및 조적, 목공등 작업, 내부설치 작업 (배관, 전기, 도장)	1,400 세대 아파트
도장공사	3	5 - 10	건물 내부 도장 공사	사무실, 아파트 내부공사

2. 연구 방법

작업환경 실태의 조사중 유해인자조사 부분은 작업장 환경점검을 통한 작업시간, 작업의 종류 및 강도, 유해인자에 대한 노출의 정도, 예상되는 건강유해인자를 조사하고, 둘째 노출 조사라고 할 수 있는 작업환경측정을 실시하였다. 건설작업의 특성을 반영하기 위해 직무중심접근 또는 평가(task-based approach 혹은 assessment)를 적용하여, 건설 작업 분류에 따른 직무를 중심으로 작업환경측정을 실시하였다(Nicas M, Spera RC, 1993; Susi P, Schneider S, 1995; Goldberg M et al., 1997).

1) 조사항목

구체적인 조사내용은 다음과 같다.

- (1) 조사대상 사업장의 일반적인 현황을 파악하였다.
- (2) 건설현장 방문을 통한 작업단위를 파악하고 작업단위별 유해인자 선정 후 유해인자의 우선순위를 설정하였다. 측정이 실시된 유해인자는 미국 OSHA의 건설업 측정 결과중 허용기준 초과 유해인자와 우리나라 및 기타 외국에서 비교적 질병 이환의 심각성이 높다고 판단된 분진, 유기용제, 중금속(용접작업), 소음, 진동(국소진동과 전진진동) 및 아스팔트흙이었다.

2) 측정방법

분진, 중금속 및 유기용제의 시료 포집은 현행 노동부 고시에 의한 작업환경측정방법 및 평가 기준(노동부, 1997)에 의거하였으며, 예비 조사 결과 평가가 필요한 것으로 판단된 국소진동, 전신진동 및 PAHs에 대해서도 측정 및 분석을 실시하였다.

(1) 손-팔 진동

국소진동측정은 국소진동측정에 대한 국제적 기준인 ISO/DIS 5349(1986)에서 제시하고 있는 방법을 사용하였다. 진동측정은 작업자가 해당 에어공구를 이용해 작업을 하기 이전에 Hand Adapter (UA 0891, Brüel and Kjaer, Denmark)를 2, 3번째 손가락 사이에 끼워 넣고 작업시 X, Y, Z 3축의 국소진동 가속도수준을 동시에 측정하였으며, 3축의 측정치중 가장 높은 수준을 보인 수치를 진동노출치로 하였다(ACGIH, 1993; ISO, 1986). 측정에 사용된 기기는 Modular Precision Sound Level Meter (Type 2231, Brüel and Kjaer)와 Human-Vibration Units (Type 2522, Brüel and Kjaer)이었다. Modular Precision Sound Level Meter와 Human-Vibration Units의 민감도(sensitivity)의 점검과 보정은 자체보정기(Calibration Exciter Type 4294, Brüel and Kjaer)를 이용하여, 159.2Hz에서 3축을 각각 10%의 실효치 표준진동수준으로 보정한 후 측정하였다. 발생한 진동수준의 평가는 미국 산업위생전문가 협의회(ACGIH, 1993) 및 국제표준기구(ISO, 1986)의 평가기준을 적용하였다.

(2) 차량에서의 전신진동

건설현장에서의 다양한 작업 차량의 전신진동을 측정하기 위하여 ISO 2631(1997)의 방법에 따라 가속도계를 지게차의 좌석 위에 설치하였으며, 측정자와 좌석 사이의 좌석 위에서 측정하였다. 측정자의 불필요한 운동으로 인한 흔들림(Rocking) 현상과 좌석 재질의 상이성으로 인한 자료의 혼란을 예방하기 위해 충분한 감도를 갖고 있는 세 개의 아주 가벼운

가속도계를 가벼운 금속 정육면체 위에 수직으로 올려놓고 딱딱한 고무판 중앙에 자리잡힌 B&K 사의 Triaxial Seat-Accelero Meter 4322를 이용하여 불필요한 측정값을 최소화하였다(ACGIH, 1993).

주파수 가중된 진동 가속도를 측정하기 위하여 Brüel & Kjaer 모델인 적분형 진동측정기기 2231(Integrating Vibration Type 2231)을 Brüel & Kjaer 실시간 신호분석기기 2144 (Real Time Signal Analyzer Type 2144)와 연결하여 측정하였으며, 1/3 옥타브 범위과장 (One-Third Octave Band Spectra)은 Brüel & Kjaer 실시간 신호분석기기 2144 (Real Time Signal Analyzer Type 2144)로 주파수의 범위를 1Hz ~ 100Hz로 선택한 후 기기 내에 내장되어 있는 프로그램 (Software Version 1.40 Program)을 사용하여 측정자료를 모두 저장한 후 실험실내에서 프린터로 출력하였다.

(3) 아스팔트흙에서의 PAHs 분석

아스콘 살포작업 및 다짐작업시 발생하는 아스팔트흙은 NIOSH 5042방법(1994)을 사용하여 분석하였으며, Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)의 종류중 acenaphthene, acenaphthylene, anthracene, benzo[a]anthracene, benzo[b]-fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo [ghi]perylene, benzo [a]pyrene, benzo[e]pyrene, chrysene, dibenz [a,h]anthracene, fluoranthene, fluorene, indeno [1,2,3-cd]pyrene, naphthalene, phenanthrene, pyrene에 대해 NIOSH 5515 방법(1994)을 사용하여 분석하였다. 아스팔트흙의 분석(NIOSH 5042 방법)은 포집한 컵을 시험관에 넣고 3ml benzene을 첨가한 후 20분 동안 초음파 처리를 하였다. 포집된 시료중 1.5ml를 취하여 미리 칭량된 컵에 넣고 40°C vacuum oven에 넣어 건조시킨 후 컵의 무게를 측정하여 아스팔트 흙의 양을 구하였다. PAHs 분석은 다음과 같이 실시하였다. 2 μ m, 37mm PTFE 필터와 세척된 흡착제(XAD-2 수지, 전=100mg, 후=50mg)를 연결하여 포집한 후 시험관에 필터를 넣고 methylene chloride 5ml

를 첨가하여 15~20분간 초음파로 처리하였다. 흡착제로부터 PAHs를 탈착시키기 위해 2개의 시험관중에 하나는 앞 유리솥과 앞 흡착제를 넣고 또 하나는 뒤 유리솥과 뒤 흡착제를 넣었다. 이후 5ml methylene chloride를 넣고 가끔 흔들어 주면서 30분간을 방치한 후 0.45 μ m 멤브레인을 사용하여 여과하였다. GC분석을 위해 supelco PAHs 혼합 100-2000 μ g/ml 표준용액을 적당량 희석하여 표준용액을 조제하고 검량선을 작성하여 시료를 분석하였다. GC 분석은 Hewlett Packard 5890 series II 기기를 사용하였으며, 검지기는 FID(Flame Ionization Detector), 시료주입량은 2 μ l, 컬럼은 50m \times 0.25mm ID, 0.25 μ m film thickness HP-5 capillary column, 운반가스는 헬륨, 검지기 온도는 280 $^{\circ}$ C, 시료주입기 온도는 250 $^{\circ}$ C로 하였다.

(4) 소음 측정

작업중 소음에 노출된 근로자의 소음도의 측정은 소음수준이 높은 장소의 경우 소음의 특성을 파악하기 위하여 주파수별(63-16,000Hz)로 음압도를 측정하였으며, Noise Dosimeter(Q-100, U.S.A ; LARBSON & DAVIS 705, U.S.A ; Cel-281/3, 296/3 Filter set, England)를 근로자의 청각기 위치에 장착후 일일 6시간 이상 측정하여 시간가중평균(TWA)하였다. 측정치에 대한 노출기준 초과여부는 실 측정시간동안의 소음 노출량을(Dose) 전작업시간(8-10hr)으로 환산한 후 이 값에 대한 시간가중평균 소음도를 dB(A)로 표기하였다.

3) 통계 처리

조사된 결과는 각 작업장별, 작업단위별, 작업자별로 구분하여 분석하였으며 작업단위별, 작업자별 측정 결과는 국내 및 국외의 작업 허용기준 초과 여부를 확인하였다. 또한 이러한 결과를 최종적으로 1997년 전체 제조업 사업장에서의 유해인자별 허용기준 초과율과 비교하였다.

III. 결 과

1. 토목공사업

토목공사업의 공정 및 유해요인 발생현황을 표 2에 정리하였다.

고속도로 공사의 경우 공사기간이 길고 작업인원이 유동적이며 작업진척도 및 외부환경 등에 영향을 크게 받기 때문에 전 공사기간중의 모든 작업에 대한 평가는 불가능하여, 유해요인(소음, 분진, 진동) 발생 공정 중에서 작업이 수행되고 있는 면같이, 토목작업, 구조물작업의 분진 발생량 및 일부 공구류, 기구류 사용으로 인한 소음수준을 평가하였다.

표 3, 4에서 나타난 바와 같이 옥내작업장의 8시간 기준을 적용한 결과 측정이 실시된 작업들에서의 평균 분진농도는 2.41mg/m³로써 노출기준(10.0 mg/m³)미만으로 나타나고 있었고, 소음은 평균 80.75 dB(A)로 노출기준(90 dB(A))미만으로 나타났다. 분진의 노출기준은 노출기준에서 정한 재질을 사용하는 경우에 1, 2, 3종으로 선정하면 되지만 도로공사의 경우 여러 가지 혼합분진이 발생하기 때문에 노출기준을 3종 분진으로 정하여 평가하였다.

굴삭기 등의 중장비를 이용한 작업순서는 굴삭기에 의해 암석의 파쇄 등이 이루어진 후 불도저가 도로를 밀고, 모터그레이더에 의해 마감되며, 진동로라에 의해 다짐된다. 진동의 노출수준을 불도저, 모터그레이더, 진동로라, 굴삭기 각각에 대하여 반복적으로 측정하였다. 표 5에서 보여 주듯이 체인타입 불도저의 진동 측정값이 가장 높게 나타나고 있으며, 바퀴타입인 모터그레이더나 진동로라는 보다 적은 진동값이 나타났다. 굴삭기의 경우는 자료를 제시하지는 않았으나 작업 암반의 강도에 따라 진동값의 변화량이 크게 나타나는 양상이었다.

표 2. 토목공사업(도로공사)의 주요 작업 공정 및 유해인자

공 정 명	유해인자명	유해요인 발생현황
터파기	소음, 분진	굴삭기, 펌프 가동시 소음, 분진 발생
포설작업	분진	포설작업시 분진 발생.
면다지기	소음, 분진, 진동	중장비가동에 의한 소음, 분진,전신 진동 발생.
가설도로		
철근가공 및 조립공사		
거푸집 가공 및 조립	소음	목재절단, 가공시 소음과 분진(목) 발생
콘크리트 타설	소음, 진동	진동체 소음과 진동 발생
면갈이공사	분진	사포이용에 의한 분진 발생
아스팔트공사	아스팔트흙 등	콜타르 도포시 흙 발생

표 3. 도로공사작업의 분진측정결과

(단위 : mg/m³)

작업	측정수	농도
교량 면갈이	3	2.30~5.43 (평균 4.50)
도저 운전	1	0.404
그레이더 운전	1	0.451
거푸집 공사	1	0.13
평균		2.41

표 4. 도로공사작업의 소음측정결과

(단위:dB(A))

작업	측정수	측정치
도저운전	1	87.1
그레이더 운전	1	79.6
거푸집 공사	1	82.3
거푸집 공사	1	74.0
평균		80.75

표 5. 도로공사 작업의 주요 작업기계별 전신진동 측정결과

(단위 : m/s²)

기기종류	측정건수	일일노출 시간(시간)	평균 노출수준				노출기준	노출기준 초과 건수
			X	Y	Z	SUM		
불도저	14	8-10	0.26	0.35	0.59	0.80	0.5	12
모터 그레이더	11		0.21	0.20	0.32	0.52		없음
진동로라	13		0.19	0.16	0.34	0.50		1
굴삭기	7		0.18	0.35	0.46	0.74		2

2. 도로 포장업

도로 포장업에서의 작업공정 및 유해요인 발생현황을 표 6에 정리하였다. 작업환경 측정 결과 소음의 경우 평균 70 dB(A)정도의 수치를 보여 상당히 낮은 것을 알 수 있었다. 아스팔트 흙과 Polynuclear Aromatic Hydrocarbons(PAHs)에 대한 노출 실태 조사 결과, 도로 포장작업중 아스팔트 흙과 PAHs의 복합물질에 작업자가 노출되는 공정은 아스콘 살포 및 먼 고르기, 다짐작업이었다. 휘니샤를 이용하여 일정두께로 아스콘을 살포하는 작업시 열(150℃)을 가해줌으로써 다량의 흙이 발생되어 아스팔트 흙의 측정치가 천정치를 초과하고 있으며 운전자 및 기기 하단 측면의 보조작업자가 아스팔트 흙 및 PAHs의

발생원에서 무방비 상태로 직접 노출되고 있었고, 개인 보호구의 착용도 전무한 상태였다.

아스팔트 흙에 작업자가 노출되는 수준을 파악하기 위하여 ACGIH기준 적용을 위한 방법과 NIOSH기준 적용을 위한 방법을 병행하여 15개소에서 측정을 실시하였으며 ACGIH기준 적용시 전 측정점에서 기준치 미만이었으나 NIOSH 기준 적용을 위해 15분간 단시간 시료를 채취한 결과 3개의 측정점 중 2개소에서 기준치를 초과하였다(표 7). NIOSH의 기준치는 천정치(Ceiling)로 작업시간 중 잠시라도 초과해서는 안되는 농도로 규정하고 있다.

PAHs의 복합물질중 acenaphthene, acenaphthylene, benzo[a]anthracene, benzo[e]pyrene, benzo [b]fluoranthene, phenanthrene, benzo[k]fluoranthene, benzo

표 6. 도로포장업의 작업공정 및 유해요인 발생현황

공 정 명	유해인자명	유해요인 발생현황
터파기	소음,분진	굴삭기, 펌프가동시 소음과 분진 발생
골재 포설,다짐	소음,진동,분진	포설시 분진 발생, 롤러기 가동에 의한 소음, 진동, 분진 발생.
유제 살포		접착제 역할을 하는 유제 포설
아스콘살포, 먼고르기	아스팔트흙, PAHs	아스콘살포기인 휘니샤 작업시 아스팔트 흙 및 PAHs 발생
아스콘 다짐	아스팔트흙, PAHs	단뮌롤러기 및 타이어 롤러기를 이용하여 아스콘 다짐 작업시 아스팔트 흙 및 PAHs발생

표 7. 도로포장업에서의 아스팔트 흙 측정결과

(단위 : mg/m³)

작업	측정수	평균농도	기 준	초과여부
휘니샤 보조작업	2	7.97	REL : C5	초과
휘니샤 운전자	1	3.43		미만
휘니샤 운전석 상단	2	0.53	TLV : 5	미만
휘니샤 운전석 하단	2	0.77		미만
단뮌 롤러	1	0.36		미만
타이어 롤러	1	0.45		미만
아스콘 포설	6	0.37		미만
평균		0.00		

표 8. 아스팔트 흙에서의 PAHs 성분별 분석결과

(단위 : mg/m³)

직무	유해인자 (PAHs)	추정 수	평균농도	기 준			초과 여부
				PELs	RELs	TLVs	
휘니샤 보조작업	PAHs	2	N.D.	-	-	-	-
휘니샤 운전자	PAHs	1	N.D.	-	-	-	-
휘니샤 운전석 상단	naphthalene	2	4.70	10	10	10	미만
	acenaphthylene		3.75	-	-	-	-
	acenaphthene		4.40	-	-	-	-
	fluorene		1.29	-	-	-	-
휘니샤 운전석 하단	naphthalene	2	13.91	-	-	-	-
	acenaphthylene		9.51	-	-	-	-
	fluorene		3.26	-	-	-	-
	phenanthrene		1.99	0.2	-	-	초과
	pyrene		4.24	-	-	-	-
단됨 롤러	PAHs	1	N.D.	-	-	-	-
타이어 롤러	PAHs	1	N.D.	-	-	-	-
아스콘 포설	acenaphthylene	6	1.85	-	-	-	-
	phenanthrene		1.70	0.2	-	-	초과
	PAHs		-	-	-	-	-

PELs : Permissible Exposure Limits

RELs : Recommended Exposure Limits

TLVs : Threshold Limit Values

N.D. : Not detectable

benzo[a]pyrene, fluoranthene chrysene, fluorene, naphthalene, pyrene등에 대하여 측정을 실시한 결과 naphthalene, acenaphthene, acenaphthylene, fluorene, phenanthrene, pyrene등 6종이 검출되었으며 기타 물질은 검출되지 않았다.

검출된 공정을 보면 아스콘 포설 및 면고르기 기기인 휘니샤 주변과 작업자가 직접 아스콘 포설과 면고르기를 실시하는 작업이며, 휘니샤 상단 및 하단에서 naphthalene이 전체15개소중 4개소로 26.7%의 검출 비율을 보이고 있고, fluorene은 3개소로 20%, pyrene은 하단 1개소 0.7%, 휘니샤 주변 및 아스콘포설 작업중 acenaphthylene은 5개소 33.3%, acenaphthene이 3개소로 20%, phenanthrene은 2개소로 13.3%의 비율로 검출되고 있다.

PAHs의 복합물질 대부분이 허용농도가 미제정된

물질이나 이중 phenanthrene은 휘니샤 하단 및 아스콘 포설 작업자등 2개소에서 검출되었으며, 모두 OSHA에서 제정한 기준을 초과하고 있었다.

3. 건축물 축조 및 관련전문 건설업

건축물 축조 및 관련전문 건설업에서의 작업공정 및 유해요인 발생현황을 표 9에 정리하였다. 측정은 안산시에 소재하고 있는 일부 아파트 공사현장에서 실시하였는데 공사기간이 길고 작업인원이 유동적이며 작업진척도 및 외부환경 등에 영향을 크게 받아 유해요인(소음,분진, 유기용제,진동,중금속) 발생공정중에서 작업이 수행되고 있는 건축(사모래 작업, 시야기, 그라인딩), 미장, 조적, 설비, 파취 공정의 분진 발생량 및 일부 공구류 사용으로 인한 소음수준을 평가하였다.

표 9. 건축물축조업(아파트건축) 공정 및 유해요인 노출 현황

공정번호	공 정 명	유해인자명	유해요인 발생현황
01	터파기	소음,분진	굴삭기,펌프가동시 소음과 분진 발생
02	항타작업	소음	항타작업시 소음 발생.
03	절/성토	소음	장비가동에 의한 소음 발생.
04	비탈보호공사		
05	상/하수배수관	분진(용접흙)	배관연결시 분진(용접흙) 발생
06	웬스설치		
07	가설도로		
08	철근가공 및 조립공사	소음, 분진	철근 절단, 용접시 소음, 분진발생
09	거푸집 가공 및 조립	소음	목재절단, 가공시 소음과 분진(목) 발생
10	콘크리트 타설	소음, 진동	진동체 소음과 진동 발생
11	건출공사	소음,분진	햄머드릴등에 의한 소음과 분진 발생
12	조적공사	분진	시멘트 배합시 분진 발생
13	미장공사	분진	시멘트 배합시 분진 발생
14	방수공사	분진,유기용제	몰타르 배합시 분진과 유기용제 발생
15	내장목공사	소음,분진	목재 절단 가공시 소음과 분진 발생
16	타일공사		
17	창호공사		
18	도배공사		
19	도장공사	소음,유기용제,분진	도장전 연마작업시 분진(목) 및 스프레이 작업시 소음과 유기용제증기 발생.
20	잡철물공사		
21	가구공사	소음,분진(목)	가구 절단 가공시 소음과 분진(목) 발생
22	유리공사		
23	내화단열공사	소음,분진	암면등에 의한 분진 발생
24	석공사	소음,분진	석재가공시 소음과 분진 발생
25	금속,지붕 홈통공사		
26	조경공사		
27	전기/통신/조명		
28	기계설비		
29	배관공사	분진(용접흙)	배관 연결시 분진(용접흙) 발생
30	보온공사		
31	기름저장		
32	시험실		
33	아스팔트공사	아스팔트흙 등	콜타르 도포시 흙 발생
34	공통업무		

사모래 작업은 햄머드릴 등을 이용하여 흙집낸 부위를 시멘트(1일 약3포)+모래(1일 약3포)를 배합하여 흙손으로 바르는 공정으로 배합 작업시 분진이 발생되며 배합시간은 1일 30분 정도이고, 작업종료 후 바닥에 흘러내린 잉여물 등을 청소시 분진이 발생된다. 시야기는 사모래작업 후 2차적인 미장작업을 의미한다. 그라인딩은 시멘트 타설후 돌출부위를 수공구(그라인더)를 이용하여 매끈하게 다듬는 공정으로 분진 및 소음이 다량 발생하며 작업자는 쉬는 시간을 제외하고 연속적으로 작업한다. 작업자의 보안경, 방진마스크 착용상태는 양호하였다.

미장 작업에서는 배합작업시 시멘트와 모래분진이 발생되며 건출의 사모래 작업과는 달리 1일 30분~60분 간격으로 5~10분간 배합작업을 수행하며 평균적으로 10~15회 배합작업을 수행한다. 전체적으로 콘크리트를 타설하기 때문에 조적작업은 적은 상태이나 아파트 내부 화장실과 배관 작업중인 장소 등에서 작업이 수행되고 있었다. 1일 평균 15포의 시멘트와 이에 해당하는 양의 모래를 배합하는 과정에서 분진이 발생하였다. 건축물 내부의 설비작업은 매우 유동적이며 파이프 절단시 소음, 배관연결시 분진(용접흄), 벽에 흙을 팔 때 드릴 사용으로 인한 소음 등이 발생하였다. 용접의 경우 배관과 배관 연결시 아크용접이 가장 많이 사용되며(용접봉 : CR-13), 고정편과 배관 연결시 산소용접을 수행하였다. 파취는 주로 햄머드릴을 이용하여 작업을 수행하며 분진 및 소음이 연속적으로 발생되었고, 작업자의 개인보호구 착용상태는 미흡하였다. 콘크리트 타설은 콘크리트(시멘트+모래+자갈)를 차량의 압축공기로 골격(거푸집)에 투입하는 공정으로써 진동체(바이브레이터)를 이용하여 고르게 도포하는 과정에서 진동과 소음이 높은 강도로 발생되었다. 작업자 13명중 1인이 진동체를 잡고 그 외 인원은 수공구를 이용하여 고르게 밀어주는 작업을 하였으며, 청력보호구 착용자는 없었다. 분진 측정대상 43개소중 개인보호구(면채여과식 방진마스크, 보안경) 착용작업자는 건출(그라인더)공정의 7개소만 착용하고 있었다(착용율 18%).

옥내작업장의 8시간 기준을 적용한 결과 분진의 경우 총 43 측정개소중 18.6%인 8개소가 초과하였고, 분진 발생공정중 건출(그라인더)의 경우 7개소중 5개소가 노출기준(10.0mg/m')을 크게 초과하는 상태로 평균 90.35mg/m'으로 발생되었다<표 10>.

소음의 경우 총 7 측정개소중 28.6%인 2개소가 초과하였으며, 평균 86.7dB(A)으로 90.0dB(A)에 근접하는 수준으로 나타났다<표 11>.

국소진동 수준 측정결과를 표 12에 정리하였다. 바이브레이터 작업은 편심모타 진동자 등을 내연하고 이것에 의하여 발생한 진동을 이용하여 콘크리트가 철구조물에 잘 스며들게 하는 작업으로 양손을 이용하여 작업하고, 일일 노출시간은 3-9 시간으로 정확한 시간을 산정하기는 곤란하였다. 근무형태는 거의 모든 근로자가 일용직으로 여러 작업을 겸하고 있었다. 노출수준은 오른손보다는 왼손에서 높게 발생하고 있었다. 이는 작업형태가 오른손은 바이브레이터를 지지하고 왼손은 바이브레이터 말단을 잡기 때문에 바이브레이터 조정시보다 강한 힘을 손아귀에 주었기 때문으로 사료된다.

그라인더는 진동 모타, 에어 모타 등에 의해 숫돌, 커터 등이 회전하면서 연마, 연삭 등의 가공을 하는 공구를 말하며 공구 자체는 진동이 작지만 가공시에 높은 진동이 발생하였다. 작업시에는 한 손만을 사용하지만, 작업면에 따라 손을 번갈아 가며 작업을 하고 있으며, 노출수준은 오른손과 왼손이 비슷하다. 그라인더의 진동은 무부하시에 발생하는 것과 연삭 작업시에 발생하는 것이 있는데 전자는 일반적으로 숫돌 자체의 불평형에 의해 발생하는 것이고, 후자는 숫돌의 불평형 외에 작업면의 진동에 의해 작업점에 발생하는 진동과 피연삭체의 진동이 그라인더에 전해져 이것이 합쳐져 본체에 나타나는 것이다.

드릴은 압축공기 또는 전기에 의해 왕복하는 free-piston을 내연하고, 피스톤의 타격에너지에 의해 끝을 타격함으로써 진동이 나타난다. 이 공구의 진동발생 기구는 주로 free-piston에 따른 타격진동에 의한 것이다. 양손을 사용하여 작업하고 일일노출

표 10. 건축물 축조업의 주요 작업별 분진측정결과

(단위 : mg/m³)

작업	유해인자	측정지점수	평균농도	기준	평가	비고
설비, 드릴작업,	분진(시멘트)	1	1.89	10.0	미만	
조적,배합	분진(시멘트)	12	2.27	10.0	미만	
파취,드릴작업	분진(시멘트)	1	1.81	10.0	미만	
방화문,용접	분진(용접흄)	1	3.96	5.0	미만	
형틀,탈석,드릴	분진(시멘트)	1	18.51	10.0	초과	
형틀,탈석,드릴	분진(시멘트)	1	1.39	10.0	미만	지역측정
방수,배합	분진(석회석)	1	1.72	10.0	미만	
배관,용접	분진(용접흄)	3	4.15	5.0	미만	
견출,사모래작업	분진(시멘트)	6	1.82	10.0	미만	
견출,그라인더	분진(시멘트)	5	90.35	10.0	초과	
견출,그라인더	분진(시멘트)	2	6.32	10.0	미만	지역측정
미장초벌,배합	분진(시멘트)	2	1.22	10.0	미만	
설비,드릴작업	분진(시멘트)	1	8.92	10.0	미만	
미장,청소	분진(시멘트)	1	2.61	10.0	미만	
미장초벌,배합	분진(시멘트)	1	1.74	10.0	미만	
천막동,탈해,용접	분진(용접흄)	1	1.86	5.0	미만	
설비,배관용접	분진(시멘트)	1	2.91	5.0	미만	
설비,용접,드릴	분진(용접흄)	2	5.28	5.0	초과	

표 11. 건축물 축조업의 주요 작업별 소음측정결과

(단위 : dB(A))

작업	측정치	초과여부
타설,차량	79.0	미만
타설,진동체	94.6	초과
형틀,드릴작업	83.9	미만
견출,그라인더	87.5	미만
설비,드릴작업	88.0	미만
견출,그라인더	83.8	미만
견출,그라인더	90.3	초과
평균	86.72	

표 12. 건축물 축조업의 주요 작업 기계별 국소진동측정 결과

(단위 : m/s²)

기기종류	측정수	작업방향	일일 노출시간	평균노출수준				노출기준	평가
				X	Y	Z	SUM ^a		
바이브 레이터	6	오른손	3-9시간	3.97	5.88	2.76	7.97	6	초과2, 미만4
	5	왼손	3-9시간	9.84	11.65	7.56	17.08	6	모두 초과
그라인드.1	3	오른손	4-5시간	2.75	3.77	1.93	5.12	4	초과1, 미만2
	3	왼손	4-5시간	2.53	3.86	1.49	4.86	4	모두 미만
그라인드.2	6	오른손	4-5시간	2.32	4.47	1.68	5.39	4	미만2, 초과4
	8	왼손	4-5시간	2.32	3.71	1.36	4.60	4	미만4, 초과4
드릴	10	오른손	4-5시간	6.75	6.46	5.51	10.95	4	모두 초과
	6	왼손	4-5시간	8.84	6.27	5.25	12.13	4	모두 초과

^aSUM = $[(1.4a_{w,x})^2 + (1.4a_{w,y})^2 + (a_{w,z})^2]^{1/2}$ --- $a_{w,x}$, $a_{w,y}$, $a_{w,z}$ 은 X, Y, Z 방향의 진동 가속도 실효치로써 주파수 가중된 값이며, 계수 1.4는 X, Y축 방향의 보정치임.

시간은 4-5시간으로 정확한 시간의 산정이 어렵다.
노출수준은 오른손과 왼손이 비슷하였다.

4. 도장공사업

도장공사업에서는 도장전 연마작업시에 분진(목)이 발생하고 스프레이작업시에 소음 및 유기용제증기가 발생한다.

3개의 지역(DS개발 오피스건물 신축현장, SC아파트의 내부 수정도장 작업장, SW아파트 현장의 인테리어 내부도장 작업장)에서 건물 내부 도장공사에 대한 작업환경 측정을 실시하였다. 측정결과, 상기의 3개 현장에서 작업시간 동안의 유기용제 농도는 대부분 노출기준을 초과한 것으로 나타났으며, 포집된 시료들의 분석을 통해 검지된 유기용제의 종류 및 평균 농도를 표 13에 정리하였다.

DS개발의 인테리어 작업시(A) 개인측정 2명, 지역 측정 9개중에서 전체측정시간으로 환산된 농도를 노출계수(Em)와 노출기준(CL)으로 비교 평가한 결과,

노출기준 미만으로 나타났지만 각 작업별 농도의 평가를 보면 붓칠과 스프레이도장시 기준을 초과(13%)하는 것으로 나타났다. 용접 작업은 용접, 사상 및 용접준비 등 다양한 작업이 수행되어 연속측정을 하였으며 시료채취된 여과지를 중량분석한 결과는 노출기준 미만으로 평가되었다<표 14>.

SC아파트의 내부 수정도장 작업시(B) 작업자에게 노출된 유기용제 농도는 작업자의 도장준비 및 스프레이도장시 각각 노출기준을 초과(21.4%)하였다<표 15>.

SW아파트 현장의 인테리어 내부도장작업(C)은 아파트 1개실 내에서 샌딩, 붓칠, 스프레이, 청소 등의 작업이 이루어지며 측정은 주도장공 1명과 보조 도장공 2명이 작업하였으며 각각 개인측정에서 노출기준을 약 3-11배 초과하는 것으로 나타났다. 그리고 지역의 전체 측정점에서 스프레이 작업시 노출기준을 초과(67.7%)하는 것으로 나타났다<표 16>. 표 14, 15, 16에 나타난 직무종류는 측정시 수행된 직무의 횟수를 의미한다. 예를 들어 표 15에서 도장공의 경

우 직무 종류가 5로 표시 되어 있는데 이는 도장공이 수행한 직무가 붓칠(2회), 스프레이 작업(2회), 붓칠 마무리 등으로 5번에 걸쳐 변화하였으므로 각각의

직무에 대해 5회 시료를 포집하였음을 의미한다. 지역에 있어서 직무의 종류는 그 지역에서 실시하는 직무에 따라 구분하였다.

표 13. 도장공사에서 검지된 유기용제의 종류 및 평균 농도 (ppm)

유 기 용 제		검지된시료수 (개/전체:29)	검지된 시료(%)	TLV	Mean	S.D
Aromatic	cumene*	11	37.93	100	0.06	0.03
	styrene	5	17.24	50	0.28	0.22
	toluene	28	96.55	100	102.78	171.22
	xylene	28	96.55	100	12.85	12.72
Alkans	n-pentane	5	17.24	600	0.07	0.03
Alcohol	I.P.A	22	75.86	400	26.38	39.66
	methanol	1	3.45	200	1.69	0.00
Esters	n-buthyacetate	28	96.55	150	1.69	1.48
	ethyl acetate	12	41.38	400	0.27	0.26
Ketone	acetone	28	96.55	750	25.16	40.54
	c-hexanone	5	17.24	25	1.41	0.44
	M.E.K	14	48.28	200	6.32	6.73
	M.I.B.K	22	75.86	50	15.60	23.97
Glycol ether	Buthyl cellosolve	13	44.83	25	24.34	36.72
	cellosolve acetate	4	13.79	5	0.12	0.03

*cumene = Isoprophyl benzene

표 14. 도장공사(신축인테리어공사)의 작업별 유기용제 및 분진 측정결과(A).

작업	측정방법	직무종류	유해인자	Em	CL	초과여부
도장공	개인	5	유기용제	0.7548	1.070	미만
도장공 (보조)	개인	3	유기용제	0.1131	1.068	미만
용접 및 사상	개인		분진(용접흡)	3.74	5.0	미만
락카 잔류, 붓칠	지역.1	2	유기용제	0.0423	1.073	미만
	지역.2	2	유기용제	0.0333	1.075	미만
	지역.3	2	유기용제	0.0720	1.073	미만
	지역.4	2	유기용제	0.0931	1.071	미만
스프레이, 잔류량	지역.5	2	유기용제	0.8376	1.057	미만
	지역.6	3	유기용제	0.4441	1.058	미만
	지역.7	3	유기용제	0.3531	1.059	미만
	지역.8	3	유기용제	0.5404	1.057	미만
	지역.9	3	유기용제	0.7084	1.056	미만

Em : Exposure measurement, CL : Control Limit

표 15. 도장공사업(수정도장)의 유기용제 측정결과(B).

작업	측정방법	직무종류	유해인자	Em	CL	초과여부
도장공	개인	4	유기용제	1.3185	1.085	초과
도장준비, 붓칠 스프레이, 붓칠 잔류량1 잔류량2	지역.1	4	유기용제	0.4743	1.085	미만
	지역.2	4	유기용제	0.9681	1.083	미만
	지역.3	4	유기용제	0.8510	1.083	미만
	지역.4	4	유기용제	0.8683	1.083	미만
	지역.5	4	유기용제	0.4469	1.084	미만
	지역.6	4	유기용제	0.7873	1.082	미만

* 개인(도장공) 작업 내용 : 도장준비 작업, 붓칠, 스프레이, 잔류량

표 16. 도장공사업(아파트 인테리어 도장)의 유기용제 및 분진 측정결과(C).

작업	측정방법	직무종류	유해인자	Em	CL	초과여부
도장공(보조)	개인	3	유기용제	7.9665	1.084	초과
도장공(보조)	개인	3	유기용제	3.3640	1.074	초과
스프레이	개인	2	유기용제	11.4993	1.075	초과
샌딩	개인		목분진	6.939	5.0	초과
청소(비질)	개인		목분진	21.014	5.0	초과
샌딩및청소	개인		목분진	6.255	5.0	초과
샌딩	개인		목분진	17.067	5.0	초과
스프레이, 잔류량	지역.1	6	유기용제	0.6999	1.080	초과
	지역.2	6	유기용제	3.2689	1.074	초과
	지역.3	6	유기용제	3.2671	1.074	초과
	지역.4	7	유기용제	2.4525	1.074	초과
붓칠	지역.5	3	유기용제	2.1176	1.086	초과
	지역.6	3	유기용제	1.9612	0.079	초과
	지역.7	3	유기용제	2.1002	1.079	초과

5. 건설업과 제조업의 작업환경측정 결과 비교

본 연구에서 조사된 건설업에서의 유해인자별 노출기준의 초과율을 '97년 제조업의 작업환경측정자료와 비교하여 표 17에 나타내었다. 소음은 제조업에서 20.5%, 건설업에서 28.6%의 초과율을 나타내고 있다. 여기서 건설업에서의 측정건수가 다소 적어 제조업의 결과와 직접 비교한다는 것은 무리가 있지만 제조업에서 측정을 실시하는 것과 같은 방법으로 측정점을 선택하여 측정하였기 때문에 참고적인 자료로 사용할 수 있을 것이다. 분진은 제조업에서 초과율이 9.2%이며 건설업에서 24.5%로 약 2.5배 이상 높은 것으로 나타나고 있어, 건설업에서 일부 직무별로 고농도의 분진에 노출되고 있는 것으로 평가되었다. 또한 혼합유기용제의 평가에서는 제조업 2.0%, 건설업 39.3%로 약 20 배이상 차이가 나는 것으로 나타났다.

IV. 고 찰

미국에서는 7 백만명 이상의 근로자가 건설업에 종사하며(전체 노동력의 5%를 차지) 이들중 150 만 근로자가 일용직이다. 건설업은 다른 산업에 비해 치명적인 사고가 더 많이 발생하여 1980년부터 1989년 사이에 3,491명의 건설업 근로자가 추락으로 사망하

였다. 이에 따라 산업재해 보상 비용의 15%가 건설업 재해에 사용되고 있는 실정이다(NIOSH, 1996). 또한 1997년 일본에서 발생한 전산업에서의 직업성 질환 재해자 8,557명중 건설업에서의 직업성 질환자 수 1,653명으로 전산업의 19.3%를 차지하고 있으며, 이는 전산업 천인률의 2배를 상회하는 것이다(中央勞働災害防止協會, 1998)

미국에서 건설장비에 의한 소음수준은 전기기술자들의 드릴 프레스 75dB 로부터 소형쇄석드릴(jackhammer)의 108-111dB까지 보고되었고 충격소음은 bolt gun(140-160dB)과 다른 건설장비에 의해 높은 수준에 이르고 있다(Scott Schneider et al., 1995). 일본의 경우 말뚝박는 기계, 징박는 기계, 착암기 그리고 콘크리트공장에서 1m떨어진 경우 94~119dB정도, 10m 떨어진 경우 80~112dB정도로 나타났다. 이러한 결과들은 본 연구에서 조사된 거푸집공사 및 타설, 진동체 작업을 비롯한 여러 작업에서의 소음 측정 결과인 74.0-94.6dB에 비해 상당히 높은 수치를 보이고 있는데, 이는 작업의 종류와 환경 및 측정 조건이 달랐기 때문으로 사료되며, 다양한 작업에 대한 추후 연구가 필요하다고 판단된다.

NIOSH는 50 만명 이상의 건설업 근로자들이 국소 진동 증후군에 노출된 것으로 추정하고 있다(Scott Schneider et al., 1995). 건설장비(vehicle)들은 신체에 영향을 주는 수준인 4-8Hz범위에서 진동되며, 자동차 운전자의 디스크나 척추수준에서의 진동력은

표 17. 건설업 및 '97 하반기 제조업 측정현황 비교

	측정건수	초과건수	초과율(%)	'97제조업 하반기측정 초과율(%)
소 음	7	2	28.6	20.5
분 진	49	12	24.5	9.2
유기용제	11(38)	28(90)	39.3(42.2)	2.0
국소진동	47	32	68.1	-
전신진동	43	15	34.9	-

* 유기용제 항목의 (괄호)는 전체 측정점수

* 참고 : '97 작업환경측정자료집-노동부 산업보건환경과 p12 표8

운전석 자리에서 측정된 것보다 2-2.5 배 더 높을 수 있다(Coermann R, 1963; Wilder DG et al., 1982). 동력톱, 연마기, 드릴, chippers, nut-hammers 등과 같은 기구를 장기간 작동하는 사람은 shock에 버금가는 위험요인에 노출될 수 있고 국소진동(hand-arm vibration)이라 알려진 신경과 혈관장애를 유발한다. 우리나라의 경우도 본 연구 결과와 같이 전신진동은 불도저, 진동로라, 굴삭기 등의 중장비 운전에서 $0.5 \sim 0.74 \text{ m/s}^2$ (노출기준 0.5 m/s^2), 국소진동은 바이브레이터, 그라인드, 드릴 등의 연장 사용시 $4.60 \sim 17.08 \text{ m/s}^2$ (노출기준 4 m/s^2)로 나타나 건설업 작업자들이 높은 수준의 진동에 노출되어 있는 것을 알 수 있었다.

그외 미국에서는 연 작업 규정을 통한 교량공사 근로자들의 연 중독 관리, 도로포장 작업시 아스팔트 흙 노출에 대한 조사가 이루어지고 있으며, 일본에서는 건설작업에 있어서 분진, 석면, 유기용제, 소음, 진동, 저주파 등과 같이 다양한 작업환경 유해요인에 관한 많은 연구가 진행되고 있다(労働省 安全衛生部, 1995; 労働省 安全衛生部, 1998)

건설업 작업은 다양성 및 변화성의 특성을 갖기 때문에 작업환경 측정에 있어서도 새로운 방법을 모색해 볼 필요가 있다. 현행 작업환경측정 및 정도관리 규정(노동부, 1997)에 의하면 개인시료 포집을 원칙으로 하며 측정시간은 6시간이상 연속 측정하여야 한다. 현재 미국, 일본 등에서도 현행의 고전적인 측정방법을 시행하고 있으나 건설업 작업의 특성에 맞게 TBA를 이용한 작업환경측정 및 관리에 대한 연구가 진행중이다. 새로이 개발된 TBA에 의한 노출평가는 건설산업에 존재하는 유해인자에 대한 노출의 다양성으로 인해 제기된 것이다. 이 평가 방법의 주요 요지는 작업임무를 자세하고 통합적으로 이해하는 것이다. 근로자 작업과는 상관없이 8시간 가중평균치(TWA)노출에 대한 수집에 초점을 둔 전통적인 작업환경평가 방법은 특정 작업수행과 관련된 유익한 유해 인자들을 놓칠 수 있는 반면, TBA는 사용물질과 환경상태에 따른 유해인자에 대한 평균노출

과 시간을 분산하여 각각의 특정한 노출평가를 결정하는데 유용하다. 유해인자 발생에 의미 있는 요소가 확인되면 고농도로 노출을 발생시키는 특정한 상태를 기술적으로 조절하여 근로자 보호 전략을 세울 수 있는 것이다.

본 연구에서 일부 작업의 경우 개인별 전체 측정시간이 5~6시간 정도 이상이므로 TLV-TWA를 적용하여 평가하였으나, 공정진행에 따라 작업자가 다양한 작업을 수행하는 특성 때문에 TLV-TWA를 적용하는 것은 허용기준의 설정목적에 부합되지 않는다. 다만 STEL값이 정해진 단일 유기용제의 경우에는 단시간 측정을 실시하여 비교 평가할 수 있으나 이역시 대부분의 도장공정에서 혼합 유기용제가 사용되므로 전체적인 노출 평가를 하는 것은 불가능하다고 판단된다. 따라서 건설작업의 특성을 감안한 새로운 작업환경 측정 및 평가방법의 개발이 필요하다. 새로운 작업환경 측정 및 평가방법의 개발시 고려하여야 할 건설작업의 특성은 다음과 같다. 첫째, 건설과정에 따라 작업장이 지속적으로 변하며, 둘째, 날씨의 변화는 환경요인노출에 관여하는 외부작업장의 중요한 요인이 될 수 있고, 셋째, 건설현장에서는 매우 다양한 업종의 사업주가 공존함으로써 특정작업장 근로자들의 작업상황은 다른 고용주의 작업환경에 영향을 미칠 수 있으며, 넷째, 건설현장의 근로자는 단기간 작업, 즉 일용직의 형태가 전형적이므로 다양한 작업에 종사하게 되어 그에 따른 또 다른 사업주를 만나게 된다. 즉 근로자들은 1년간 몇 명의 사업주를 만나게 된다는 것이다. 마지막으로 건설현장에서의 노출형태는 간헐적인 작업과 고농도의 노출이 매우 일반적이다. 제조업과는 다른 이러한 건설현장의 특이성으로 미국의 NIOSH에서는 건설현장 근로자들의 안전과 보건정책의 개발을 위한 감시, 연구 및 중재 프로그램 개발을 위한 기금을 보조받아 연구중에 있다(NIOSH, 1994).

우리나라의 건설업 안전관리는 기본적인 체제가 갖추어져 있으며 안전관리를 수행하는데 있어서 다양한 관련 규정의 정비와 기술적 지침 등이 이미 개

발되어 있으나 산업보건과 관련된 작업환경 관리는 취약한 상태이다. 외국의 경우 건설업에 국한된 산업보건에 관한 별도의 법 규정이나 제도를 운영하지는 않고 있으며 일반적으로 기존의 산업안전보건법과 각종 규정을 건설업에도 동일하게 적용하고 있다. 즉 유해요인이 있는 사업장은 옥내작업장, 옥외작업장을 구분하지 않고 일괄적으로 산업안전보건법의 규정을 적용하고 있다. 우리 나라의 경우 현행 산업안전보건법 시행규칙 제 39조 작업환경측정 대상사업장 등에 관한 조항이 유해작업이 이루어지는 옥내작업장에만 국한되어 있기 때문에 건설작업과 같은 옥외작업장의 경우 작업환경측정을 실시하지 못하고 있다. 따라서 작업환경측정의 도입을 위해서는 현행 산업안전보건법 시행규칙 제 39조 작업환경측정 대상사업장 등에 관한 조항을 개정하는 것이 필요하다. 현행 규정에서 옥내작업장으로 규정하고 있는 조항에서 옥내라는 문구를 삭제하고, 분진 발생 작업장의 경우에는 갱내 작업장을 역시 삭제한다. 현재 산업안전보건법상 상기 조항을 개정하면 추가적인 법이나 규정의 보완이 없어도 건설작업장에 대한 작업환경측정의 적용이 가능할 것이다.

결론적으로 산업보건 측면에서의 다양한 유해요인들이 상존하고 있으며, 일반 제조업과 비교할 때 보건학적 위험도가 더욱 높을 가능성이 있는 건설업은 최소한의 제도적 보호조치라 할 수 있는 작업환경측정이나 특수건강진단등도 실시되지 않고 방치되어있는 실정이다. 따라서 향후 건설업에서의 유해요인에 대한 보다 광범위한 실태조사와 아울러 건설업의 작업특성에 적절한 평가방법의 개발, 작업환경측정과 같은 제도적인 보호장치, 건설업의 유해 작업별 산업보건관리 지침의 개발 등에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

V. 결 론

건설 작업현장에서 작업환경 측정을 통하여 건설

업 근로자의 작업환경실태를 파악하고 이를 통해 작업환경의 개선과 적절한 보건관리 방안을 마련하기 위해 실시된 본 연구에서는 주요 건설작업인 토목공사, 도로포장업, 내부 도장공사, 아파트 건축업에 대한 작업환경측정을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고속도로 공사 현장에서 분진, 소음, 진동 수준의 측정결과 분진은 평균 $2.41\text{mg}/\text{m}^3$ 로 노출 기준($10.0\text{mg}/\text{m}^3$)미만으로 나타났고, 소음도 평균 80.75dB(A) 로 노출기준(90dB(A))미만으로 나타났으며, 진동은 체인 타입 불도저에서의 측정값이 가장 높게 나타나 14회 반복 측정중 12회의 노출기준 초과 횟수를 보였고, 굴삭기의 경우는 작업 암반의 강도에 따라 진동값의 변화량이 크게 나타났다.
2. 도로 포장업 현장에서의 작업환경 측정 항목은 아스팔트 흙과 PAHs(Polynuclear Aromatic Hydrocarbons)였다. 아스팔트 흙에 작업자가 노출되는 수준을 파악하기 위해 ACGIH기준 적용시 전 측정점에서 기준치 미만이었으나 NIOSH기준 적용시 채취시료 3개중 2개소에서 기준치를 초과하였다. PAHs는 복합물질중 6종이 검출되었으나 대부분이 허용농도가 미제정된 물질이었으며, phenanthrene이 2개소에서 검출되었는데, 모두 OSHA에서 제정한 기준을 초과하고 있었다.
3. 아파트 공사현장에서는 분진, 소음, 진동에 대해 작업환경을 측정하였다. 옥내 작업장의 8시간 기준을 적용한 결과 분진의 경우 총 43개 측정소중 18.6%인 8개소가 초과하였고, 분진 발생공정중, 건축(그라인더)의 경우 7개소중 5개소가 노출기준($10\text{mg}/\text{m}^3$)을 크게 초과하는 상태로 평균 $90.35\text{mg}/\text{m}^3$ 로 발생되었다. 소음은 총 7개 측정소중 28.6%인 2개소가 초과하였으며, 평균 86.7dB(A) 로 90.0dB(A) 에 근접하는 수준으로 나타났다. 바이브레이터, 그라인드, 드릴에 대한 진동수준 측정 결과 바이브레이터의 경우 왼손에서의 측정치가 모두 기준을 초과하였고, 드릴작업에서는 양손모두

의 측정치가 기준을 초과하였다.

4. 3개의 지역에서 건물 내부 도장공사에 대한 작업 환경 측정 결과 2개의 지역 작업장에서는 대부분 노출기준 이하의 유기용제가 검출되었고, 1개의 작업장에서는 전체측정점에서 노출 기준 이상의 목분진 및 유기용제가 검출되었다.

이상의 결과에 기초할 때, 우리나라 건설업 작업환경의 관리 방안으로는 먼저 현행 산업안전보건법 시행규칙 제 39조 작업환경측정 대상사업장 등에 관한 조항을 옥외 작업장으로 확대하고 분진 발생 작업장의 경우에는 갭내 작업장을 역시 삭제하여 일반제조업과 동일하게 작업환경측정과 같은 산업보건상의 조치가 필요하다. 또한 향후 건설업 종사자들에 대한 건강 실태 평가, 외국에서의 건설업 작업환경 관리 실태에 대한 연구, 적절한 건설업 작업환경 측정법 및 일용직종사자의 관리에 대한 연구를 통하여 건설업 작업환경 개선 및 구체적인 보건관리 방안이 마련되어야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 권태식. 건설재해현황과 정책방향. '93 건설안전 학술 심포지움(한국산업안전학회);1993
- 노동부. 작업환경측정 및 정도관리규정(노동부 고시 제97-53); 1997.
- 산업안전선진화기획단. 산업안전선진화 3개년 계획(안);1996
- 이영섭. 건설업의 산업재해 감소와 관련한 안전관리비용 절감에 관한 조사 연구. 한국산업안전학회; 1996
- 이흥. 건설산업재해 발생원인-탐색적 연구. 한국산업안전학회;1993
- 장동일, 이명구. 건설중대재해 사례 연구. 한국산업안전학회;1996
- 통계청. 한국표준산업분류 7차개정(통계청 고시 제 1998-1호); 1998
- 労働省 安全衛生部. 建設業における一酸化炭素中毒予防のためガイドラインの策定について. 1998. 6
- 労働省 安全衛生部. 石綿含有建設材料の施工作業における石綿粉じんばく露防止対策の推進について. 1995. 2
- 中央労働災害防止協會. 労働衛生管理特別指導事業場のための 安全衛生改善計画の樹て方. 1998. 2
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Vibration - Measurement, Control & Standards. Cincinnati, OH:ACGIH, 1993
- Coermann R. The mechanical impedance of the human body in sitting and standing position at low frequencies. In Lippert(ed), Vibration Research. NY:Pergamon Press;1963
- Goldberg M, Levin SM, Doucette JT, Griffin G. A task-based approach to assessing lead exposure among iron workers engaged in bridge rehabilitation. Am J Ind Med 1997; 31(3):310-318.
- International Organization for Standardization (ISO) : Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1, General requirements (ISO 2631-1), 1997.
- International Organization for Standardization (ISO) : Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2, Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz)(ISO 2631-2), 1989
- International Organization for Standardization (ISO) : ISO/DIS 5349-1 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1, General guidelines ,1986
- International Organization for Standardization (ISO) : ISO/DIS 5349-2 Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to

hand-transmitted vibration - Part 2, Practical guidance for measurement in the workplace, 1986

Nicas M, Spear RC. A task-based statistical model of a worker's exposure distribution : Part I - Description of the model. Am Ind Hyg Assoc J 1993;54(5): 211-220.

Nicas M, Spear RC. A task-based statistical model of a worker's exposure distribution : Part II - Application to sampling strategy. Am Ind Hyg Assoc J 1993; 54(5):221-227.

NIOSH. 1994 Fact Book, National Program for Occupational Safety and Health in Construction. 1994.

NIOSH. Facts, Construction Safety and Health. 1996

NIOSH. NIOSH Manual Of Analytical Methods, 4th ed. DHHS Publication. 1994. p.94-113 .

Scott schneider, Eckhart Johannning, Jean-Louis B  lard, G  ran Engholm. Noise, Vibration and Heat and Cold. Occupational Medicine-State of the art reviews. Philadelphia:Hanley & Belfus, Inc 1995: vol.10(2).p.363-383

Susi P, Schneider S. Database nedds for a task-based exposure assessment model for construction. Appl Occup Environ Hyg 1995; 10:394-399

Wilder DG, Woodworth BB, Frymoyer JW, Pope MH. Vibration and the Human Spine. Spine 1982; 7:243-254