

석면 해체·제거 작업에서 사용되는 장비의 성능 기준에 관한 고찰

이 나 루

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

A Review on the Performance Criteria of Equipment Required for Asbestos Removal

Naroo Lee

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

ABSTRACT

Objectives: Asbestos fibers are accumulated in negative pressure unit(NPU) or vacuum cleaner in asbestos removal. Failure of operation or poor use performance of the NPU or vacuum cleaner causes asbestos fibers to spread in the air. Asbestos contractors should have an NPU fitted with a HEPA, vacuum cleaner, decontamination area, respirators, wetting equipment, and differential pressure manometer to register with the Ministry of Employment and Labor. There should be performance criteria of equipment used in asbestos removal. But there are none such criteria used in asbestos removal. This study was performed to investigate international or national performance criteria of equipment used in asbestos removal.

Methods: Regulations, approved code of practice, guidance and national standards of the UK, USA and Korea were reviewed. A survey was done to investigate the requirements for equipment used in asbestos removal in Korea.

Results: Air flow of NPUs used in Korea usually covers from 500 m³/h to over 3000 m³/h. Some requirements for NPUs used in Korea were missing compared to the requirements of British standards for NPUs. All NPUs have different missing requirements. The UK also has separate British standard for leak tests for NPUs. Highly hazardous class vacuum cleaners should be used in asbestos removal in the UK. It has national standards on the operation of vacuum cleaners used in asbestos removal. There is only a certification system for less than 2.5kw rated voltage vacuum cleaners for home use in Korea. Powered(-assisted) respirators with mask are recommended in asbestos removal. Type 5 coveralls should be used in asbestos removal in the UK. There are international standards for requirements and leak tests of type 5 coveralls. A manometer for measuring differential pressure is needed in asbestos removal. The manometer's measuring range should cover less than ± 125 Pa and the gradation of manometer should be less than 2.5 Pa. The definition of decontamination area should be corrected. Installation of airlock and minimum area should be considered in decontamination area.

Conclusions: Equipment should be used in asbestos removal proper performance and no leaks. There should be a certification system for equipment used in asbestos removal. This study can help to a certification system for equipment used in asbestos removal in Korea.

Key words : asbestos removal, negative pressure, vacuum cleaner, equipment

I. 서 론

사업장 건물을 대상으로 1%이상의 석면함유물질여부를 조사한 결과, 사업장 건물의 94%가량이 석면을 함유하고 있었다(Choi et al., 2010). 노동부 고시 제2007-26호 제2조(제조 등금지)에서 누구든지 함유된 석면의 중량이 제

품 중량의 0.1퍼센트를 초과하는 석면함유제품을 제조·수입·양도·제공 또는 사용하여서는 아니 된다고 명시하고 있지만 석면함유물질이 포함된 건축물이 사용되고 있고, 건축물 개조 및 철거 시에 작업자들과 시민들은 석면에 노출 될 위험이 있다. 석면함유천정텍스를 제거할 때 공기 중 석면 농도가 0.34 fibers/cc에 달했다(Kim et al., 2009).

*Corresponding author: Naroo Lee, Tel: 032-510-0802, E-mail: naroolee@kosha.net

Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency.
478 Munemiro, Bupyeonggu, Incheon 403-711, Korea

Received: August 8, 2013, Revised: September 23, 2013, Accepted: September 25, 2013

석면함유물질을 해체·제거하는 작업자가 고농도의 석면에 노출 될 가능성이 있기 때문에 영국 및 미국에서는 석면해체·제거 작업에 대해 절차를 법으로 정하고 있으며, 자격을 가진 사람이 작업을 하도록 제도를 운영하고 있다. 우리나라는 석면함유물질을 해체·제거하는 작업자들과 공공 시민의 건강을 보호하기 위해 정부는 일정한 자격을 갖추고, 정부에 등록한 경우에만 일정 규모 이상의 석면 해체·제거 작업을 하도록 하고 있다. 등록된 석면 해체·제거업자는 2000여개소에 달하고 있다. 단기간에 석면 해체·제거 작업에 대한 사회적 인프라가 엄청난 숫자로 구축된 것은 긍정적인 측면이지만, 올바른 석면 해체·제거 방법이 널리 알려지지 않고, 관련 장비 제조가 국내에서 미비했던 상황에서 단시간에 엄청난게 만들어진 석면 해체·제거업 기관들이 사용하는 장비 성능에 대해 우려가 되는 면이 있다.

석면 해체·제거 작업 현장에서는 유해한 석면 분진이 공기 중에 비산하지 않도록 작업방법을 사용하기도 하나 공기 중에 석면 분진이 비산되는 것을 완전히 방지하기 어렵다. 공기 중에 비산되는 석면 분진이 작업장 밖 외부 공기로 배출되는 것을 방지하기 위해 음압기 등을 이용하여 장비 내의 여과지로 석면분진을 포집한다. 이러한 장비들을 올바르게 유지·관리하지 못하거나 장비 성능이 미비하다면 건강에 유해한 석면 분진들은 공기 중에 다시 비산되거나 확산된다.

우리나라에서 석면 해체·제거업자가 등록시 갖추어야 할 장비로 고성능필터가 장착된 음압기, 고성능필터가 장착된 진공청소기, 위생설비, 호흡보호구, 습윤장치, 음압기록장치가 있다. 산업안전보건법이나 KOSHA Guide H-70-2012에 장비들이 갖추어야 할 성능 요건(KOSHA, 2012)이 일부 있기는 하나 구체적인 요건이 빠져 있는 경우도 있다. 또한 석면 해체·제거 작업에 사용하는 장비들의 성능 요건에 대해서 연구가 이루어진 적이 없다.

본 연구에서는 근로자와 일반 시민들의 건강을 보호하기 위해, 석면 해체·제거 작업에 사용되는 장비들의 성능 및 시험 기준을 조사하였다. 석면 해체·제거 제도 및 기술이 우리보다 먼저 법제화된 미국과 영국을 대상으로 석면 해체·제거에 사용되는 장비들에 대해 상세한 성능요건을 조사하였다.

II. 연구방법

석면 해체·제거 작업과 관련된 영국, 미국의 법규를

조사하고, 법규에서 언급되어진 국가표준규격을 조사하였다. 석면 해체·제거 작업과 관련된 법규는 국내에는 산업안전보건법과 산업안전보건기준에 관한 규칙이 있다. 영국에는 「The Control of Asbestos Regulation 2006」 및 이 법과 관련된 규칙(Approved Code of Practice) 「Work with materials containing asbestos」와 「The management of asbestos in non-domestic premises」가 있다. 영국의 법규에서는 법규내용 중 관련된 기술적인 내용은 국가 규격(British Standard, BS)에서 별도로 명시하고 있었다. 미국의 경우 석면해체·제거 작업에 대해 건설법에 대한 산업안전보건 부분(Part)의 유해화학물질(29 CFR 1926.1101) 서브파트(Subpart)에서 명시하고 있었다.

석면 해체·제거 작업에서 사용되는 장비에 대한 성능기준을 법규에서 찾기 어려운 경우 연구보고서, 석면 해체제거작업자를 위한 가이드 등을 참고하였다. 또한 우리나라에서 산업안전보건법과 KS규격이 연결되어 있는 않으나, 일부 관련 기술 규격들이 KS규격으로 제정되어 있었으므로 KS규격을 검토하였다.

국내에서 제조·판매되는 석면 해체·제거 작업관련 장비의 성능을 조사하기 위해 설문조사를 실시하였다. 온라인 조사 결과 석면 해체·제거 작업관련 장비를 제조하거나 판매하는 곳은 9개소였다. 9개소에 설문을 보내고, 응답을 독려하였으나 2개소는 응답을 하지 않았고, 조사 응답율은 78%였다.

III. 연구결과

1. 고성능에어필터

고성능필터(High Efficiency Particulate Air filter, HEPA 필터)는 0.3 μm 의 입자를 99.97% 포집할 수 있는 성능을 가진 필터(KOSHA, 2009)라고 정의하고 있으나 국내에 HEPA 필터에 대한 공인된 규격과 시험 기준은 현재 없다. HEPA 필터를 생산 판매하는 회사가 자체적으로 검사 후 판매하거나 외부 인증이 필요한 경우 민간 기관에서 시험을 받기도 하는 실정이지만, 일반적인 HEPA 필터에 대한 국가 규격은 없다. 다만 방사성 에어로졸고성능에어필터와 클린룸용 에어필터에 대해 KS 규격(KS A 4812:2001 : 방사성 에어로졸용 고성능에어필터, KS B 6740:1995 : 클린룸용 에어필터성능시험방법)있다. KS A 4812 규격은 방사성 에어로졸을 제거할 목적으로 원자력 시설에서 사용하는 고성능에어필터 중 화재 방호의 난연성이 요구되며,

프탈산디옥틸 0.15 μm 입자를 가지고 효율 평가를 한다. KS B 6740 규격은 단분산 형태의 0.3 μm 프탈산디옥틸 입자를 가지고 입자 포집 효율 시험을 한다. 민간기관인 한국공기청정협회는 내부에서 작성한 「고성능에어필터 시험방법」으로 에어필터 품질 인증제를 실시하고 있다. 고성능에어필터 시험방법은 KS B6740 규격과 유사하나, 시험용 에어로졸로 디에틸헥실프탈레이트, 폴리알파올레핀 중 선택하여 사용할 수 있다는 점에서 다르다. 성능 평가 기준은 0.3 μm 입자를 99.97%이상 포집하는 것이다. 국내의 HEPA 필터 시험은 주로 단일 크기의 입자 에어로졸을 가지고 이루어지고 있다.

영국은 유럽연합의 HEPA 필터 규격(EN 1822)에 부합하는 국가 규격을 채택하고 있다. HEPA 필터에 관한 사항은 총 5개의 규격(BS EN1822-1:2009, BS EN1822-2:2009, BS EN1822-3:2009, BS EN1822-4:2009, BS EN1822-5:2009)로 나뉘어 있고, HEPA 필터 종류 분류, 에어로졸 생산, 측정장비, 테스트 방법이 각 규격에 나타나 있다. EN 1822 규격 시험에어로졸은 디에틸헥실프탈레이트, 프탈산디옥틸, 파라핀 오일이며, 최대침투 입자크기(Most Penetrating Particle Size, MPSS)을 HEPA 필터 시험에 사용한다. 시료채취 장비로 광학카운터(Optical counter)나 응축핵계수기(Condensation nucleus counter)를 사용한다.

미국에는 여러 기관에서 HEPA 필터 규격을 제정하였다. 주로 에어로졸 물질, 에어로졸 크기, 에어로졸 검출방법, 누설 한계 기준 항목에서 차이를 나타낸다. 1952년 미국의 국방부에서 여과지에 대한 규격(MIL-STD-282: Filter Unit, Protective Clothing, Gas-mask Components and Related Products: Performance test methods)를 발간하였는데, 이 규격에서 프탈산디옥틸 액체를 가열, 증기화 시킨 후 다시 응축시켜 평균 직경 0.3 μm 입자로 만들어 시험에어로졸로 사용하였다.

1959년 미국 표준협회에서 에어필터 장치(ANSI/UL 586 : Air Filter Units)을 발간하였고, 1975년과 1976년에 미국기계학회와 같이 핵발전소의 공기정화 장치와 성분에 대한 규격과 시험방법에 대한 규격(ASME/ANSI N509: Nuclear Power Plant Air-Cleaning Units and Components, ASME/ANSI N510 : Testing of Nuclear air cleaning systems)를 발간하였다. 1992년 부터 환경과학기술연구소(Institute of Environment Sciences and Technology, IEST)에서 HEPA/ULPA 여과지 시험 기준에 관한 규격(IEST-RP-CC007.1: 1992 Testing ULPA filters, IEST-RPCC001.3:

1993 HEPA and ULPA filters, IEST-RP-CC006.2:1993 Testing cleanrooms, IEST-RP-CC001.4 HEPA and ULPA filters, IEST-RP-CC034.2 HEPA and ULPA filter leak tests)들을 연속적으로 발간하였다.

2. 음압기

음압기는 석면 제거·해체 작업을 할 때 석면이 외부로 비산되는 것을 방지하기 위해 작업공간을 음압으로 만들어 주기 위해 사용하는 장비이다. 국내에서 요구하고 있는 음압기의 성능요건은 고성능필터장착, 전처리 필터 설치, 필터 차압 게이지 설치, 누설되지 않는 구조, 송풍기 설치 등이다(KOSHA, 2012)

영국에는 석면 함유 물질 제거에 사용되는 HEPA 필터가 장착된 휴대용 음압기의 사양과 성능을 명시하는 국가 규격(BS 8520-2 : 2009 Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 2 : Negative pressure units-Specification)이 있다. 이 규격에서 요구하는 음압기 사양은 ‘세척에 용이한 외부 케이스, 플라스틱으로 만들어 세 번 용접한 조인트 부위, 역류방지를 위한 플랩, 이동시 전처리필터 앞면을 보호할 수 있는 커버, 다리바퀴와 손잡이, HEPA 필터, 공기 유입부의 플랜지, HEPA 필터가 막혔을 때 이를 나타내 주는 마노미터’이다. 또 음압기가 갖추어야 할 사양 외에 성능요건으로 HEPA 필터 여과지와 음압기 자체에 대한 2종류의 누설 시험 통과를 요구한다. 누설 시험 기준은 별도의 규격인 ‘가정용 및 이와 유사한 전기용품. 안전. 상업용 파워 브러쉬를 포함한 진공청소기에 대한 특별한 요건’(BS EN 60335-2.69 : 2009 Household and similar electrical appliance. Safety. Particular requirements for wet and dry vacuum cleaners including power brush for commercial use) 부속서 A에 나타나 있다. 누설 시험 방법이 제시되어 있으며, 음압기에 장착된 HEPA 여과 효율은 99.97%가 넘어야 하며, 음압기 자체에 대한 누설 테스트에서 최대 0.005% 누설을 허용해야 누설 시험 기준을 통과할 수 있다.

미국 29 CFR 1926.1101에는 석면 해체·제거 작업에 사용하는 음압기 구조에 관한 사항은 없고, 음압기 사용에 관해서만 명시되어 있다. Class I 석면 작업에 대한 비강제적인 공학 기준에 인클로저¹⁾ 내부의 음압 측정시 -5Pa

1) 인클로저(Enclosure) : 공기 중 석면의 확산을 예방하기 위해 석면 작업지역을 물리적으로 격리하고 이 안에서 석면 제거 작업이 이루어지는 공간이며 에어락과 음압기가 부착되어 있음. 국내에서는 밀폐라는 용어를 사용하고 있음.

Table 1. Air flow rate of negative pressure unit in circulation in Korea

Air flow rate(m ³ /h)	Number
500~1000	3
1000~2000	4
2000~3000	4
≥ 3000	1

Table 2. Status of requirements of negative pressure unit(NPU) in circulation in Korea

Performance criteria	Yes	No
Installation of non-return flaps	3	4
Insert gasket between HEPA filter and case	7	0
Installation of damper or controller of air flow	5	2
Installation of manometer gauge	6	1*
Installation of alarm	5	2
Labelling of air flow rate on outer case of NPU	4	3
Marking of manufacturing date	7	0
Marking of manufacturer name	7	0
Testing leaks of NPU	4	3

* No response

(0.5 mm H₂O) 유지하기, 차압 측정, 음압기가 작업을 수행하는 근로자로부터 떨어질 것, 누출과 공기 흐름을 감지하기 위한 스모크 테스트 실시가 포함되어 있다.

국내에 유통 중인 음압기를 대상으로 음압기에 대한 누설 시험 결과를 보고한 사례를 보면, 3 µm이하의 에어로졸이 99%이상인 다분산 DOP 에어로졸을 이용하여 누설율이 0.05% 이하인 경우 합격으로 판정하였을 때, 2개의 음압기 제조 업체 만이 합격 판정을 받았다(Kim et al, 2010). 현재 국내 음압기 제조 및 판매회사에 대해 조사한 결과, 7개 회사가 국내 생산으로 12개 모델의 음압기를 생산하여 판매하고 있었다. Table 1과 같이 다양한 유량의 음압기가 생산 판매되고 있었다. 영국 음압기 규격의 사양 요건을 기준으로 국내에서 판매되는 음압기 사양을 조사한 결과, 유량이 음압기에 표시 되지 않은 경우가 42%에 달하였다(Table 2). 음압기에 대한 누설 시험을 받지 않은 경우가 42%였고, 음압기 내부에 비반송 플랩을 설치하지 않은 경우는 58%였다. 유량조절기를 설치하지 않은 경우는 29%였다.

미국 표준협회(American National Standard Institute, ANSI)와 미국산업위생학회(American Industrial Hygiene Association, AIHA)에서 공동으로 발간한 휴대용 환기시스템 규격(ANSI/AIHA Z9.9-2010) 안에 음압기에 관한 사항이 일

부 포함되어 있다. 음압으로 공기가 이동하는 시스템에 대한 성능 요건으로 누설 경로 확인, 차압계이지와 적당한 경보 장치 설치, HEPA 필터를 사용하는 경우 필터 교체 후 누설에 대한 시험을 요구를 하고 있다. 특히 분진 필터 장치를 사용하는 경우 속도나 유량의 최대 기대치를 나타내도록 했다. 유독 물질 제거에 사용되는 HEPA 필터를 가진 공기 정화 장치에 대해서는 다분산(Polydisperse) 에어로졸을 가지고 광산광도계로 측정하였을 때 전반적인 누설이 시스템요구 사항보다 크지 않거나 0.05%보다 크지 않음을 확인하여야 하고, 완조립 제품에 대해서는 ASME AG-1 혹은 IEST 규격(IEST-RP-CC001.3)을 사용하여 누설 테스트를 하여야 한다. 또한 제조자는 MIL-STD-282 규격을 참조하여 제품에 표시된 유속의 20%와 100%에서 핀홀 누설이 일어나는지 결정하기 위해 시험을 해야 한다.

미국 석면 해체 · 제거 작업자를 위한 훈련 매뉴얼에 음압기에 관해 다음과 같이 구체적인 사항이 명시되어 있다(Hoffman, 2009). 음압기는 표준 크기 문으로 들어가야 하기 때문에 넓이가 30 인치보다 적어야 하며 바퀴가 달려 있어야 하고, 외부에서 음압기 필터에 쉽게 접근 가능해야 한다. 유량은 깨끗한 필터 상태에서 최소 1000~2000 CFM(ft³/min) 사이여야 한다. 팬은 원심분리형(Centrifugal type) 이어야 하고, 최종 필터는 HEPA 타입이어야 한다. 각 필터는 최대 1 inchH₂O 압력 저하, 최소 1,100 ft³/min 표준 명목상 여과등급(Nominal rating)을 가져야 한다. 여과재는 모든 모서리가 잘 밀봉되어야 공기가 새는 것을 막을 수 있다. 권고되는 HEPA 필터의 표준 크기는 24×24×11½ inch이다. 고무 가스켓이 필터와 필터 하우징 사이에 놓여야 한다. HEPA 필터 테스트는 Military standard Number 282 and Army Instruction Manual 136-300-175A에 따라야 한다. 차압계(Magnehelic gauge)나 마노미터가 있어야 한다. 석면 해체 · 제거 작업에 음압시스템을 사용할 경우 권고되는 최소한의 공기 순환은 매15분마다 1회이다. 작업 구역에 필요한 공기 유량(ft³/min)은 작업구역 용적을 권고하는 공기 교환비율을 나눈 것이다. 따라서 필요한 음압기의 수는 필요한 공기유량을 음압기 용량으로 나누면 된다. 석면 해체 · 제거 작업자를 위한 훈련매뉴얼에는 음압기 사양 및 성능 요건뿐 아니라 HEPA 필터의 교환방법과 필터의 폐기방법이 명시되어 있다.

3. 고성능필터가 장착된 진공청소기

석면 해체 · 제거 작업에서 발생된 석면 함유 잔재물을 깨끗하게 처리하기 위해 고성능필터가 장착된 진공청소

기를 사용해야 한다. 고성능필터가 장착된 진공청소기에 대해 산업안전보건법에서 요구하는 요건은 누설되지 않는 구조와 충분한 모터 성능이며, 세부적인 기준은 없다.

영국에서는 석면 해체·제거 작업에 고위험 등급(Highly Hazard Class, H 등급)의 진공청소기를 사용하도록 법에 규정하고 있다. H 등급의 진공청소기는 발암성, 병원성 분진 등을 제거하기에 적합한 진공청소기를 의미하며 상업용 진공청소기에 대한 규격(BS EN 60335-2:2009 'Household and similar electrical appliances-Safety Part 2-69: Particular requirements for wet and dry vacuum cleaners, including power brush, for commercial use)에 개별요건 및 이와 관한 시험기준들이 포함되어 있다. H 등급의 진공청소기의 작동·청소 및 유지에 관해서는 별도의 영국 규격(BS 8520-3: 2009 'Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 3 : Operation, Cleaning and maintenance of Class H vacuum cleaners- Code of practice)이 있다. 석면 해체·제거에 사용되는 장비와 관한 규격이 3개가 있는데 다른 두 개와 달리 H 등급의 진공청소기의 작동·청소 및 유지에 관한 규격은 규칙(Code of practice)이다. 또한 H 등급의 진공청소기의 작동·청소 및 유지 규격을 준수하기 위해서는 별도의 석면 작업용 진공청소기에 대한 여과시험성적서가 있어야 하므로 영국 규격(BS EN 60335-2.69 : 2009)에 따라 누설시험을 받아야만 한다.

국내에는 공업용 진공청소기에 관한 KS 규격으로 영국의 H 등급진공청소기에 관한 규격의 이전 버전과 유사한 'KS C IEC 60335-2-69 :2007 가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제2-69부 : 파워 브러쉬가 부착된 공업용 및 상업용 건·습식 전기 진공청소기의 개별 요구사항'이 있다. 공업용 진공청소기에 관한 KS 규격이 있으나 이 규격에서 요구하는 성능 요건을 요구하는 규정은 없다.

전기용품 안전관리법에 의해 정격전압 2.5 kw이하의 진공청소기만 안전인증대상이 되어 가정용 진공청소기만 가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성 제2-2부 : 전기진공청소기 및 물흡수 청소기의 개별요구사항 규격(K60335-2-2)에 의해 인증이 실시되고 있다. 이 규격은 기술표준원 고시(제2007-382호에 60335-2-69 :2007 가정용 및 이와 유사한 전기기기의 안전성-제2-69부 : 파워 브러쉬가 부착된 공업용 및 상업용 건·습식 전기 진공청소기의 개별 요구사항 규격)로도 제정되어 있으나 산업용 진공청소기는 전기용품 안전관리법에 의한 인증대상이 아니다.

4. 위생설비

사업주는 석면 해체·제거 작업장과 연결되거나 인접한 장소에 탈의실·샤워실 및 작업복 갱의실 등의 위생설비를 설치하고 필요한 용품 및 용구를 갖추어 두어야 한다. 현재 국내에서 판매되고 있는 위생설비는 플라스틱 형태로 둘러싸고 있는 모듈형태가 대부분이다. 모듈형태의 위생설비는 설치하기 쉽다는 장점이 있지만, 크기, 완결성, 효과성 면에서 단점이 있다(HSL, 2001).

영국에서는 위생설비와 에어락을 포함하여 오염정화 장치라고 표현한다. 우리나라에서는 위생설비와 에어락을 분리하지 않고 위생설비를 에어락 기능으로 사용하고 있는 반면, 영국에서는 에어락과 위생설비를 분리하여 사용하고 있다. 인클로저 내부는 음압기로 음압을 형성할 수 있지만, 에어락으로 분리된 위생설비는 음압을 유지하기 힘들어 위생설비에 음압기를 별도로 부착하도록 하고 있다. 영국에서 사용되는 위생설비는 '모빌(이동형)', '모듈', 차량 타입이 있다. '모빌형'은 현장으로 견인할 수 있는 이동 주택형이거나 이동 가능한 형태로 일반적으로 크고 안락하기 때문에 모듈형보다 우선적으로 사용되며, 여러 크기가 있어 2~8명까지 수용 가능하다. 모듈형은 효과를 확실하기 어렵기 때문에 '모듈형'을 사용하는 경우 위험성평가에서 모듈형 시스템을 사용해야 하는 이유를 명확히 밝혀야 한다.

영국에서는 석면 위생시설에 대해 법적인 규정은 없지만, 석면 위생시설이 갖추어야 할 최소 디자인 기준을 권고하고 있다. 충분한 크기의 시설, 보온이 가능해야 하며, 조명, 전기 및 수도 시설, 환기 장치가 공급되어야 한다. 또한 위생시설의 내부는 깨끗한 구역, 샤워실, 및 더러운 구역으로 분리해야 한다.

미국 29CFR1926.1101에서는 '1%이상 석면을 함유하는 단열재, 표면재 중 25 Feet 혹은 10 Square feet 이상의 Class I 작업을 하는 경우 통제구역에 인접하거나 연결하여 위생설비를 설치하여야 하며, 석면 노출기준을 초과하거나 음성 노출 평가가 이루어지지 않는 Class I 작업과 Class II와 Class III 작업에서는 오염을 정화하기 위한 위생설비가 제공되어야 한다고 명시하고 있다. 특히 재료에 대해 구체적으로 명시하고 있는데 프레임으로는 2인치×4인치 판재, 벽체로는 1/2인치~1인치 합판이나 6밀(Mil) 폴리를 사용해야 하고 바닥은 6밀(Mil) 폴리에틸렌 3겹으로 덮어야 한다. 깨끗한 구역, 샤워실, 장비실, 에어락, 폐기물 적재장소에 대해 구체적으로 각 구역의 기능과 필요 요건을 명시하고 있다. 깨끗한 구역

은 근로자 의류와 오염되지 않은 물건을 보관할 수 있는 설비를 가진 오염되지 않는 구역으로 근로자가 일장복을 갈아입고, 보관하고, 호흡보호구를 착용하는 곳이다. 깨끗한 구역에는 벤치, 락커 그리고 호흡보호구를 걸 수 있는 hooks가 있어야 한다. 샤워룸 양쪽에는 에어락이 있어야 한다. 작업자들이 현장에 들어갈 때는 샤워룸을 지나서 들어가고 나올 때도 샤워룸을 지나서 나와야 한다. 온수와 냉수를 별도로 조절할 수 있어야 하며, 샤워기의 폐수는 배수되어, 모아진 다음 여과된 후에 하수도관으로 배수되어야 한다. 대개 여과시스템이 막히지 않도록 하기 위해 여러 개의 필터를 단계적으로 가지는 것이 필요하고, 폐수는 적절하게 폐기하여야 한다. 장비룸은 더러운 구역이라 불리며 근로자가 보호복, 장비, 신발, 고글 등을 벗고, 오염된 옷을 보관하는 구역이다. 샤워룸에서는 호흡보호구를 착용해야 하며, 철저하게 물로 씻어내야 한다. 장비룸을 하루에 몇 번씩 깨끗하게 청소해야 한다. 에어락은 한 방 출입구에 두장의 폴리에틸렌을 겹치고 다른 방 입구에 두장의 폴리에틸렌을 겹쳐 3 피트 정도로 공간으로 만든다. 해치방식 혹은 스릿방식으로 만들 수 있다. 폐기물 적재 장소(사람 이동 장소와 별도로 마련되어야 함)는 일시적으로 폐기물 보관 장소로 사용할 수 있다. 인클로저를 적재 장소 출구와 트럭 사이에 만들 수 있다. 폐기물 용기 외부에는 오염물질이 없도록 해야 한다.

5. 호흡보호구

국내에서 석면 해체 · 제거 작업시 근로자에게 종사하도록 하는 경우에 방진마스크나 송기마스크를 지급하도록 규정하고 있으나 구체적인 종류를 명시하고 있지 않다. 노영만 등의 연구에서는 「분무된 석면이나 석면이 함유된 보온재 또는 내화 피복재의 해체 · 제거작업 시 특급 송기마스크, 석면이 함유된 벽체, 바닥타일 및 천장재, 지붕재의 해체 · 제거 작업시 특급 전면형 방진마스크, 그 외 석면 작업시 특급 반면형 방진마스크 착용」을 권고하고 있다(Roh et al., 2008).

영국에서는 작업시 호흡보호구 규정(HSG53)에 따라 호흡보호구를 선택해야 하는데, 석면 제거작업 공정 대부분에 가장 적합한 호흡보호구는 TM3 여과지(보호계수 40)를 부착한 밧데리로 가동되는 팬이 달린 전동식 전면형 호흡보호구(Power assisted respirator with a full face-mask)이다. 전동식 호흡보호구 성능과 시험기준은 국가규격(BS EN 12942 혹은 BS EN 147)에 명시되어 있

다. 경우에 따라서 송기마스크를 사용해야 하며, 인클로저 해체, 밀봉된 석면 폐기물을 컨테이너로 옮기는 등의 작업에서는 1회용 반면형 마스크나 재사용가능한 반면형 혹은 전면형 마스크를 사용할 수 있으나, 여과지는 가장효율이 높은 P3을 선택해야 한다.

미국의 경우 29CFR1926.1101에서 Class I 작업을 하는 근로자는 전면형 송기마스크를 착용해야 하고, 단열재와 표면재 석면함유물질을 흘트리는 Class II와 III 석면 작업을 하는 근로자는 특급 반면형 방진마스크(1회용이 아닌)를 착용하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 이 법에 의해 작업동안 공기 석면 모니터링을 지속적으로 해야 하고, 사업주와 근로자는 공기 중 석면 농도와 호흡보호구의 보호계수를 고려하여 작업에 적절한 호흡보호구를 선택해야 한다.

6. 습윤장치

산업안전보건법에서는 석면해체 · 제거 작업자는 습윤장치를 필수적으로 갖추도록 하고 있다. 영국에서는 습윤 장치에 대한 국가 규격(Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 1 : Controlled wetting of asbestos-containing materials-Specification(BS 8520-1 : 2009))이 있다. 이 규격에서는 스프레인 헤드 유속, 오류설비 정보 등과 같은 습윤장치의 디자인, 설치 및 사용을 위한 설명서 제공, 경고라벨 등과 같은 내용을 규정하고 있다. 특히 부속서에서 석면 함유물질이 자연스럽게 흡수될 수 있도록 습윤 용액이 일정한 속도(대개 5 mL/min~40 mL/min) 흐르는지 테스트하는 방법에 대해 자세히 설명하고 있다.

미국 40 CFR, Part 61, Subparts A&B, 1973 with subsequent amendments and revisions에 의하면 작업 시작 전 물질을 습윤화시킬 것을 요구한다. 습윤제는 물이 물질에 침투하도록 돕는 화학물질의 결합제이다. 농업과 소방업계에서 오랫동안 여러 가지 습윤제를 사용하여 왔다. EPA는 백석면이 함유된 물질에 대해 50% 폴리옥시에틸렌 에스테르와 50% 폴리옥시에틸렌 에테르 1온스를 5갤런의 물에 넣은 습윤제를 추천한다.

7. 분진용 보호복

석면 해체 · 제거 작업에 사업주는 근로자를 종사하도록 하는 경우에 신체를 감싸는 보호복과 보호신발을 지급해야 한다. 산업안전보건법에는 분진용 보호복에 대한 구체적인 기준은 없다. 다만 ‘보호구 의무안전인증

고시'에 유럽연합 화학물질용 보호복 규격(EN 14325:2004 Protective clothing against chemicals : Test methods and classification of chemicals protective clothing materials, seams, joins and assemblages)과 유사한 유기화합물용 보호복 성능기준과 시험기준이 있다. 분진용 보호복에 대한 기준으로 KS 규격이 있는데, 이 규격은 국제표준기구의 규격을 그대로 번역한 고품 미립자 차단 보호복 제1부 : 고품 부유 미립자에 대해 전신을 보호하는 화학 보호복(5형)의 요구 성능(KS K ISO 13982-1 :2007) 및 고품 미립자 차단 보호복 제2부 : 슈트 내 고품 부유 미립자 에어로졸 누설량 측정방법(KS K ISO 13982-2 :2007)을 그대로 가져온 것이다. KS 규격의 분진용 보호복(5형 화학 보호복)의 소재시험과 성능은 EN 14325의 규정을 따르도록 되어 있어 분진용 보호복의 성능을 평가하기 위해 수행하여야 하는 재료 전처리시험, 재료 인열 강도시험, 재료 찢림 강도시험, 재료 마모 저항시험, 재료 굴곡 저항시험, 솔기 및 접합부 인장강도 시험은 유기화합물용 보호복의 시험기준과 같고, 다만 누설 시험방법은 다르다. 누설 시험방법은 평균 입경 $0.6 \mu\text{m}$ 의 염화나트륨을 발생시켜 수평 트레드밀 실험자가 분진용 보호복을 입고 누설량을 측정하는 것이다.

영국에서는 석면 해체·제거 작업에 사업주가 적절한 보호복을 제공하도록 명시하고 있고, 적절한 보호복이란 Type 5형을 말한다. Type 5형의 보호복과 관련된 규정은 영국의 기준은 성능기준(BS EN ISO 13982-1 :2004+A1:2010 Protective clothing for use against solid particulates. Performance requirements for chemical protective clothing providing protection to the full body against airborne solid particulate(type 5 clothing))과 누설 시험기준(BS EN ISO 13982-2 :2004 Protective clothing for use against solid particulates. Test method of determination of inward leakage of aerosols of fine particles into suits)이 있다.

미국 법에서 보호복에 대한 구체적인 성능기준을 찾기 어렵고, 석면 해체·해체 제거작업 근로자를 위한 훈련매뉴얼에서는 충분한 수의 보호복을 작업자에게 제공하라고 강조하고 있다. 하루에 1명의 작업자가 여러 벌의 보호복이 필요한데 사업주가 충분히 제공하지 않기 때문에 충분한 수의 보호복에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 작업 중 2번의 휴식, 점심시간을 고려한다면 1명의 작업자에게 매일 4개의 보호복이 필요하므로, 여유분을 고려하여 경험적으로 한 프로젝트에 필요한 보

호복 수는 $5 \times \text{작업자 수} \times \text{작업일수}$ 이다(Hoffman, 2009).

8. 음압기록장치

음압기록장치는 석면 해체·제거 작업 내외부의 압력 차이를 측정·기록할 수 있는 장비로 측정 감도는 $0.01 \text{ mmH}_2\text{O}$ 이하이며, 1분 간격으로 측정된 자료를 24시간 연속하여 1개월 이상 저장 가능한 자료 저장 용량을 가져야 하며, 1분 평균으로 측정된 음압이 $0.508 \text{ mmH}_2\text{O}$ 이하일 때 경보음이 작동하는 기능을 가져야 하며, 측정 전 자체적으로 영점을 교정할 수 있는 기능을 가져야 한다. 또한 결과물을 출력할 수 있는 기능을 가져야 한다(KOSHA, 2012).

외국에서는 음압기록이란 용어보다 차압측정이란 용어를 사용하며, 석면 해체·제거 작업에서 석면 분진이 외부로 방출되는 것을 막기 위해 설치된 인클로저의 효율성을 평가하기 위한 목적으로 사용한다. 현장에서 대기압과의 미세한 차이를 보여 줄 수 있어야 하며 음압의 변화가 확인되어야 하므로 측정 범위는 가능한 좁아야 하며 자료를 저장하는 기능보다는 스트립차트 기록기가 붙어 있어서 자료들을 바로 확인 할 수 있는 기능을 더 중요하게 생각한다. 미국 법에서 권고하고 있는 차압측정장치의 측정가능범위가 $\pm 125 \text{ Pa}$ ($12.7 \text{ mmH}_2\text{O}$)이며, 눈금차는 최대 2.5 Pa ($0.257 \text{ mmH}_2\text{O}$) 이하이다.

영국에서는 인클로저의 완결성을 시험하기 위한 하나의 방법으로 차압 측정을 제시하지만, 인클로저의 음압은 여러 요인에 의해 영향을 받기 쉬우므로 시각 검사와 스모크 테스트 결과와 종합하여 판단하도록 한다. 시각 검사는 눈으로 인클로저 밀봉 부위, 에어락, 조인트 부위, 파이프, 파이프 트레이, 전선관 주위의 시트가 잘 설치되었는지 확인하는 것이며, 스모크 테스트는 먼저 배기장치 스위치를 끈 다음 연기를 발생시켜 인클로저를 검사하는 것이다. 압력 차이를 모니터 할 경우 5 파스칼 이상의 압력 차이는 충분하다고 본다(ARCA, 2006).

미국 석면 해체·제거 작업 근로자 훈련 매뉴얼에서는 음압기를 설치한 후 먼저 음압기를 작동시켜 벽과 플라스틱판을 관찰하고, 스모크 튜브를 이용하여 공기 흐름과 성능을 확인하도록 한다. 차압계를 사용할 경우 충격과 진동에 강하고 아주 민감하고 정확한 장비인 Magnehelic[®] gauge 방식을 사용해야 한다(Hoffman, 2009). 이 장비는 영점 조정 스크류가 기계에 내장되어 있기

때문에 교정이 아주 쉽다. 이 장비는 여러 종류가 생산되는데 0~0.25 혹은 0~0.50 inch H₂O 스케일을 가지고 0.005 혹은 0.01 inch H₂O 눈금선을 가진 것이 충분하다. 차압은 플라스틱판 외부에서 구멍을 뚫어 낮은 압력 쪽지를 내부에 넣고, 높은 압력 쪽지를 외부 대기압에 두어 측정하며, 음압을 연속적으로 기록하기 위해 스트립 차트 기록기에 연결한다. 압력 변화를 알 수 있게 알람을 사용하며, 석면 해체 · 제거 현장에서는 0.03 inch H₂O 압력 강하를 유지해야 한다.

VI. 결 론

석면 해체 · 제거 작업에 소요되는 비용 중 많은 부분은 장비 구매 · 유지, 1회용품 사용 · 폐기물 처리에 필요한 것이다. 작업에 소요되는 장비의 성능과 작업 절차를 엄격하게 요구하면 석면 해체 · 제거에 대한 비용이 올라가고, 반대로 장비의 성능과 작업 절차를 느슨하게 관리하면 석면 해체 · 제거에 대한 비용은 감소 하지만 석면 해체 · 제거 작업을 하는 근로자와 일반 시민은 석면 노출 위험에 처하게 된다. 석면해체 · 제거 작업에 필요한 장비의 성능 요건 강화는 결국 근로자와 시민의 건강을 확보하게 된다. 석면 해체 · 제거 작업에 필요한

장비의 영국, 미국 및 국내 비교는 Table 3과 같다.

고성능에어필터는 석면 해체 · 제거 작업에 사용되는 장비의 주요한 구성요소이나 국내에는 성능요건이나 시험규격에 대해 국가규격으로 정해져 있지 않다. 유럽연합에서와 같이 국가 차원에서 성능요건 및 시험 규격을 정할 필요가 있다. 음압기는 석면 해체 · 제거 작업에 사용이라는 특정한 목적을 가진 장비이고, 영국에서 음압기에 대한 성능요건 등을 정하고 있다. 국내 제작된 일부 음압기가 영국의 음압기 요구 조건을 충족시키지 못하고 있지만, 다른 국내 제작 음압기는 요구 조건을 충족시키고 있기 때문에 음압기 요구 조건을 충족하는 것이 기술적으로 불가능해 보이지 않는다. 음압기와 진공청소기의 성능 요구 조건 중 하나인 누설평가는 누설평가에 대한 실험장치 준비 등이 우선적으로 이루어져야 할 것이다. 고위험작업용 진공청소기는 누설평가는 별도의 인증 제도를 유지하더라도, 고위험작업용 진공청소기의 성능 요건에 대해 인증을 할 수 있는 방법이 모색되어야 할 것이다. 파워브러시가 부착된 공업용 진공청소기에 대해 국제규격을 활용하면 될 것이다. 국내에서는 공업용 진공청소기에 대한 관심이 부족한데, 사업장 안전 장비라는 관점에서 접근할 필요가 있겠다. 위생 시설과 습윤장치에 대해서는 제품 인증 제도가 필요하지는 않다고 생

Table 3. Summary for performance criteria of equipments required for the asbestos removal

Equipment	Korea	UK	USA
HEPA filter	No national standard on performance of HEPA filter - Private organization standard (Korea air cleaning association)	British standard(BS EN 1822 series)	Several national organization standard - Military standard - American National Standard Institute
Negative pressure unit	KOSHA guide(KOSHA-H70-2012)	Specific performance standard - British standard(BS 8520-2) - British standard(BS EN 60335-2.69)	Partial performance standard within regulation - 29 CFR 1926.1101 ANSI/AIHA Z9.9-2010
Vacuum cleaner fitted with HEPA filter	Only documentation - KS E IEC 60335-2-69:2007	British regulation(Use highly hazard class vacuum cleaner) -British standard(BS EN 60335-2.69)	No information
Decontamination area	KOSHA guide(KOSHA-H70-2012)	Designate the reason of module hygiene facility in risk assessment	Partial performance standard within regulation - 29 CFR 1926.1101
Respirator	Dust respirator	Power assisted respirator with a full face mask -British standard(BS EN 12942 or BS EN 147)	Power assisted respirator - 29 CFR 1926.1101
Wetting equipment	No information	Specific performance standard - British standard(BS 8520-1)	Provide example of wetting material
Protective clothing	No accreditation, but KS K ISO 13982-1:2007	BS EN ISO 13982-1:2004+A1:2010	No information

각된다. 다만 위생시설의 성능 요건을 어디까지 할 것인가를 결정하여 명시한다면 성능 요건에 적합한 위생시설이 유통될 것이다. 흡윤장치는 석면 해체·제거 작업자가 올바른 작업 방법에 참고할 수 있도록 KOSHA Guide로 제정하여 정보를 제공하면 될 것이다. 호흡보호구는 이미 인증을 받은 제품만 시장에 유통되도록 되어 있기 때문에 관련 규정과 명확히 개정하면 호흡보호구를 작업에 적절하게 선정하는데 문제가 없을 것이다. 다만 전동식 호흡보호구 등의 사용과 관련하여 기밀검사 및 관리·유지에 관한 사항들이 더 강조되고 훈련시켜야 한다. 분진용 보호복은 이미 국제 규격이 제정되어 있고, 이미 유사한 유기화합물용 보호복 시험을 실시하고 있기 때문에 일정한 준비 기간을 거친 후에는 인증이 현실적으로 가능할 것이다. 차압측정기록장치는 필요한 측정 범위 등을 결정하여 명시하면 이에 적합한 제품이 유통될 수 있을 것이다.

석면 해체·제거 작업에 필요한 장비 성능 기준에 대해 고찰한 결과, 장비의 성능을 향상시키기 위해서는 장비에 대한 인증제도가 필요하다고 판단된다. 현재 이와 관련된 사회 인프라가 미비하기 때문에 정책적인 뒷받침이 필요할 것이다.

참고문헌

- American National Standard Institute. Air filter units (ANSI/UL 586). 1959.
- American National Standard Institute. Code on nuclear air and gas treatment (AG-1-2012). 2012.
- American National Standard Institute(ANSI)/American Industrial Hygiene Association(AIHA). Portable ventilation systems(ANS/AIHA Z9.9-2010). 2010.
- Asbestos Removal Contractor's Association(ARCA). Recommended guidelines for personal decontamination procedures when working with asbestos. 2006.
- British Standards Institution. BS 8520-1: 2009 Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 1 : Controlled wetting of asbestos-containing materials - Specification 2009.
- British Standards Institution. BS 8520-2: 2009 Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 2 : Negative pressure units - Specification 2009.
- British Standards Institution. BS 8520-3: 2009 'Equipment used in the controlled removal of asbestos-containing materials- Part 3 : Operation, Cleaning and maintenance of Class H vacuum cleaners- Code of practice 2009.
- British Standards Institution. BS EN 14325: 2004 Protective clothing against chemicals : Test methods and classification of chemicals protective clothing materials, seams, joins and assemblages 2009.
- British Standards Institution. BS EN 1822-1: 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Classification, performance testing marking 2009.
- British Standards Institution. BS EN 1822-2: 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Aerosol production, measuring equipment, particle counting statistics 2009.
- British Standards Institution. BS EN 1822-3: 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Testing flat sheet filter media 2009.
- British Standards Institution. BS EN 1822-4: 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Determining leakage of filter elements (scan method) 2009.
- British Standards Institution. BS EN 1822-5: 2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA). Determining the efficiency of filter elements (scan method) 2009.
- British Standards Institution. BS EN 60335-2.69: 2009 Household and similar electrical. appliance. Safety. Particular requirements for wet and dry vacuum cleaners including power brush for commercial use 2009.
- British Standards Institution. BS EN ISO 13982-1: 2004 Protective clothing for use against solid particulates. Performance requirements for chemical protective clothing providing protection to the full body against airborne solid particulate (type 5 clothing). 2004.
- British Standards Institution. BS EN ISO 13982-2: 2004 Protective clothing for use against solid particulates. Test method of determination of inward leakage of aerosols of fine particles into suits. 2004.
- Choi S, Suk MH, Paik NW. Asbestos-containing materials and airborne asbestos levels in industrial buildings in Korea. J UOEH. 2010;32(1);31-43
- Great Britain. The control of asbestos regulations 2006. London: The Stationery Office.
- Health & Safety Executive. Respiratory protective equipment at work (HSG53). 2005
- Health & Safety Executive. The management of asbestos in non-domestic premises. Approved Code of Practice and guidance. 2006.
- Health & Safety Executive. Work with materials containing asbestos. Control of Asbestos Regulations 2006 Approved Code of Practice and guidance. 2006.
- Health & Safety Laboratory(HSL). Investigation into the effectiveness of modular hygiene unit. 2001.
- Hoffman K. Asbestos abatement training for contractors and

- supervisors. TSTC Publishing. 2009. p.77. p127. p133
- Institute of Environmental Sciences and Technology. HEPA and ULPA filter leak tests (IEST-RP-CCCC034.2). 2005.
- Institute of Environmental Sciences and Technology. HEPA and ULPA Filters (IEST RP-CC001.5). 2010.
- Institute of Environmental Sciences and Technology. HEPA and ULPA filters (IEST-RP-CC001.4). HEPA and ULPA filters. 2005.
- Institute of Environmental Sciences and Technology. Testing cleanrooms (IEST-RP-CC006.2:1993). 1993.
- Institute of Environmental Sciences and Technology. Testing ULPA filters (IEST-RP-CC001.3: 1993). 1993.
- Institute of Environmental Sciences and Technology. Testing ULPA filters (IEST-RP-CC007.1: 1992). 1992.
- Kim TH, Ha HC, Kim KY, KIm JC, Jeong YJ. Research on management of asbestos removal for prevention of dispersion asbestos fiber. Ministry of Environment. 2010. p.124 In Korean
- Kim JY, Lee SK, Lee JH, Lim MH, Kang SW, Phee YG. A study on the factors affecting asbestos abatement in building demolition sites. J of KIHA 2009;19(1);8-15 p110 In Korean
- Korea Air Cleaning Association. Test method on HEPA filter. 2009. In Korean
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Guideline on asbestos removal. KOSHA Guide H-70-2012. 2012. In Korean
- Korean Agency for Technology and Standards. KS A 4812 : 2001 HEPA filters for radioactive aerosols 2001. In Korean
- Korean Agency for Technology and Standards. KS B 6740 : 1995 Cleanroom- air filters-Test methods 1995. In Korean
- Korean Agency for Technology and Standards. KS K ISO 13982-1: 2007 Protective clothing for use against solid particulates—Part 1: Performance requirements for chemical protective clothing providing protection to the full body against airborne solid particulates (type 5 clothing) 2007. In Korean
- Korean Agency for Technology and Standards. KS K ISO 13982-2: 2007 Protective clothing for use against solid particulates—Part 2: Test method of determination of inward leakage of aerosols of fine particles into suits 2007. In Korean
- Korean Agency for Technology and Standards.. KS C IEC 60335-2-69: 2007 Household and similar electrical appliances-Safety - Part 2-69 : Particular requirements for wet and dry vacuum cleaners, including power brush, for industrial and commercial use 2007. In Korean
- Roh YM, Suk MH, Na CP, Kim KY, Cho TJ, Sim SH, Ha HC. A research of infrastructure standard for asbestos abatement in Korea. Incheon; Occupational Safety and Health Research Institute: 2008. p335 In Korean
- The American Society of Mechanical Engineers. ASME N 510-2007. Testing of nuclear air treatment systems. 2007.
- USA. Department of defense. MIL-STD-282: Filter Unit, Protective Clothing, Gas-mask Components and Related Products : Performance test methods. 1952.
- USA. Occupational Safety and Health Administration. Safety and health regulations for construction Toxic and Hazardous Substances(1926.1101). [cited 2011 Nov 1] Available from URL: <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/>