건축물 해체 작업시 발생되는
석면의 노출 평가

연세대학교 대학원
보 건 학 과
최 충 곤

건축물 해체 작업시 발생되는 석면의 노출 평가

지도교수 노 재 훈

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2001년 6월 일

연세대학교 대학원
보 건 학 과
최 충 곤

최충곤의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _______________________________ 인

심사위원 _______________________________ 인

심사위원 _______________________________ 인

연세대학교 대학원

2001년 6월 일

감사의 글

십여년 동안의 산업보건관련 업무 일을 뒤로한 채 나로부터 변해야겠다는 용기 하나만으로 시작한 대학원 생활이 벌써 2년이 지나 논문을 쓰게 되다니 감히 부끄러운 마음으로 고개가 숙여집니다.

그 동안 사회에서 경험하지 못한 일련의 대학원 생활은 배움의 길이 끝이 없음을 깨닫게 한 생의 가장 소중한 추억으로 기억 될 것입니다.

평소에 아낌없는 배려와 격려를 보내주시고, 학문적으로는 엄하셨던 노재훈 교수님과 예방의학교실의 오희철 교수님을 비롯한 그 밖의 모든 선생님들에게도 머리 숙여 감사드립니다. 논문을 위해서 분석 기자재 사용을 허락하여 주시고 또 논문이 완성될 때까지 부족한 점을 지도 해주신 노영만 교수님과 원종욱 교수님께도 감사드립니다.

제가 이 논문을 마칠 수 있었던 것은 정말 많은 분들의 도움이 있었기 때문입니다. 민병기 선생님, 한진구 선생님, 자료수집이 가능하게 했던 의료원 직원 여러분을 비롯해서 시공건설회사의 팀장, 현장소장, 안전관리자, 작업 근로자 등 많은 분에게 이 지면을 빌어서 다시 한번 감사의 말씀을 전합니다.

늘 함께 했던 산업보건연구소의 김치년 선생님, 송재석 선생님을 비롯하여 김현수, 임남구, 윤영식, 박근철, 하현욱 및 염병수 선생과 지금은 떠나지만 장정환, 장규엽, 윤존중, 정선아 선생 등 모두에게 잊을 수 없는 추억으로 기억 될 것입니다. 그리고 몸소 산업현장에서 근로자의 건강을 위해서 불철주야 노력하고 계시는 인천산업보건센터의 전직원에게 이 자리를 빌어 감사를 보냅니다.

뒤늦은 학업임에도 불구하고 이제까지 불편 한마디 없이 내조해 준 아내에게 감사하고, 그리고 잘 놀아주지 못해 늘 미안했던 아들 종현, 종경에게 사랑하는 마음을 전하고 싶습니다.

이 논문을 마치면서 이제 시작이라는 것을 압니다. 지금까지 제게 지도와 격려를 아끼지 않으셨던 선생님들과 선배, 동료에게 다시 한번 깊은 감사를 드리고, 앞으로도 제게 끊임없는 관심을 가져 주시기를 부탁드립니다. 감사합니다.

차 례

표 차 례

그림 차례

국문 요약

서울에 소재한 대학병원의 건물 A동은 1968년에 신축되었으며, 석면이 포함된 건축내장재와 단열재가 사용된 3층 건물로 면적은 1,777.38㎡이다. B동은 1978년에 증축되었고, 단열재가 사용 안된 3층 건물로 면적은 1,424.13㎡이다. 이들 두 건물은 같은 시기에 해체되었다. 일부 외국의 경우 완전 밀폐하여 폭파해체방식을 사용하는 반면 우리나라의 경우는 단순노무자에 의한 단계적 해체방식을 선택하고 있으므로 석면 노출이 문제가 될 수 있다. 따라서 본 연구의 목적은 건축물 해체 작업전 석면 형태를 확인하고, 해체와 제거시 작업별 근로자에 대한 정확한 석면 노출 정도를 평가하며, 건축물 해체와 제거 작업시 단열재 사용 여부, 내·외부의 작업전과 중, 측정 위치에 따른 석면 농도를 비교 분석하여 근로자의 건강을 보호하는데 기초 자료를 제시하는 것이다.

건물에 사용된 석면 형태를 파악하기 위하여 물질 시료 8건은 편광현미경으로 분석하였고, 5곳 작업에서 개인 시료 52건과 2곳 지역 시료에서 27개를 포함한 전체시료 79건에 대하여 위상차현미경 분석을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 건축물 해체전 채취한 물질 시료 전부에서 백석면을 확인하고, 배관 보온재에서는 청석면과 유리섬유를 함께 발견하였다.

둘째, 작업별 석면 농도는 운반 작업 0.069 f/cc, 본체 해체 작업 0.067 f/cc, 보조 작업 0.055 f/cc, 준비 작업 0.048 f/cc 및 지붕 제거 작업 0.047 f/cc 이었고, 지역 시료의 석면 농도는 연구소 0.052 f/cc, 주차관리소 0.033 f/cc 이었다. 미국 국립산업안전보건연구원 노출 기준인 0.1 f/cc이상 초과 건수는 본체 해체 작업에서 3건(33.3%), 살수 작업에서 2건(25%)순 이었다. 각각의 작업에 따른 석면 농도는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

셋째, A와 B건축물의 해체 작업시 단열재 사용 여부에 따른 석면 농도는 차이가 있었으나 통계학적으로 유의하지는 않았다.

넷째, 분진 보호막 내부의 건축물 해체 작업전과 작업중의 석면 농도차이는 해체 작업전보다 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 분진 보호막

외부의 작업전보다 유의하게 높았다($p < 0.05$).

다섯째, 건축물 해체 작업시 석면의 농도는 분진 보호막 내부와 외부의 주차관리소(거리 13m, 높이 2m) 및 연구소(거리 17m, 높이 11m)간의 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

결론적으로 건축물 해체전 채취한 모든 물질 시료에서 석면이 검출되었다. 건축물 해체와 제거시 모든 작업에서 석면 농도가 비교적 높았던 것은 건축물 해체와 제거 작업시 분진 보호막의 차단 효과가 없다는 것을 의미한다. 따라서 건축물 해체와 제거 작업 근로자들은 보호의 착용은 물론 호흡 보호구 착용이 필요하며, 해체 작업시 건축물 높이 이상의 분진 보호막을 설치 또는 완전 밀폐하여 비산 분진을 차단하여야 할 것이다.

핵심되는 말 : 석면, 건축물 해체, 분진 보호막, 위상차현미경, 편광현미경

Ⅰ. 서 론

석면은 석면폐와 예후가 불량한 폐암, 악성중피종을 유발시키는 유해성이 큰 물질로 알려져 있다(Doll, 1995; Wagner 등, 1960). 이외에도 장관계의 암(Frumkin과 Berlin, 1988)과 인후두암(Stell과 McGill, 1975), 유방암, 난소암, 신장암(Maclure, 1987), 췌장암(Selikoff 등, 1981), 부고환암(McDonald 등, 1983), 임파선암(Kagan 등, 1983), 원형무기폐를 유발한다는 보고(Becklake, 1976)가 있다. 또한 석면으로 인한 폐장조직 섬유화의 경우, 석면에 노출되어 폐에 축적된 양이 섬유화의 정도를 결정하는 요인으로, 15-75 fiber×년/cc의 축적량에서 단순 직접촬영 흉부사진상 가시적인 섬유화가 나타나는 것으로 보고되고 있어 (Berry 등, 1979) 선진국에서는 이미 오래 전부터 규제대상이거나 사용금지 물질로 정하고 있다. 우리나라에서도 청석면(crocidolite) 및 갈석면(amosite)은 제조금지물질이며 백석면(chrysotile)은 제조사용허가 품목이다(산업안전보건법 제 37, 38조).

석면과 관련된 질병은 일반적으로 석면에 노출된 후 15-20년이 지난 다음에 발병되는 것으로 알려져 있다. 특히 악성중피종과 폐암의 경우는 화학적 성질과 함께 섬유의 굵기, 길이, 모양 등의 물리적 성질이 질병의 발생과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되고 있다(Lippmann, 1988). 이러한 석면의 위험으로부터 석면 취급근로자를 보호하기 위하여 우리나라에서는 작업환경기준을 석면의 종류에 따라 0.2-2 fiber/㎤(f/cc)의 기준을 정하여 근로자를 보호하고 있으나 (노동부, 1994), 이 기준도 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH)의 권고기준인 0.1 f/cc에 비하면 높은 수준이다(NIOSH, 1994). 일반 대기중 석면에 대해서는 외국에서도 아직 뚜렷한 기준이 마련되지 않고 있으나, 미국환경보호청(EPA)은 실내기준을 0.01 f/cc로 설정하여 관리하고 있다. 그러나 우리나라는 아직 일반 실내환경에 대하여는 기준이 마련되어 있지 않다.

석면은 그 물리적화학적 특성인 내열, 내마모, 방음, 단열성 등의 좋은 특성으로 인하여 우리 사회에서 많이 사용되고 있는 물질중의 하나이다. 또한 값도 저렴하기 때문에 절연체, 충진재, 방직품, 건축자재로 벽재, 미장재, 바닥타일 등 많을

때는 3000여종 이상의 제품에 사용되었다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 인체에 대한 발암성 때문에 많은 나라에서도 그 유해성을 인정하여 청석면 및 갈석면의 수입을 금지시키고, 제품에 사용을 금지시키거나 규제하고 있다. 그러나 백석면의 경우는 아직 이렇다할 규제가 없어 년간 8만톤 이상의 석면이 수입되고 있고, 1970년대 수입석면의 80%이상이 건축자재로 사용되었다(백남원, 1994). 수입된 석면은 1970년대에 약 96%가 건축자재인 슬레이트에 사용되었으나 1990년대에는 슬레이트와 보온단열재인 건축내장재, 천장판, 석면판 등에 약 82%를 사용하여 왔다(최정근 등, 1998). 경제발전5개년 계획이 시작된 1960년대와 1970년대 초는 새마을 운동의 일환으로 지붕개량이 붐을 이루면서 슬레이트 생산을 위하여 많은 석면이 수입되었으며, 또한 이 당시부터 서울에 대형 건물들이 신축될 때이므로 석면이 많이 필요하였을 것이다. 이외에도 천장재나 벽면재인 석면보드, 보온단열재나 방열, 방화 등의 석면 압축판 등에 사용이 증가되어 직접 건축이나 거주환경, 일반사업장에서 사용되었을 가능성이 많아 노출 농도는 낮을지라도 노출 근로자수는 많을 것으로 추정할 수 있다.

최근에는 노후한 구조물의 경제적 가치상실로 인하여 해체가 증가하고 있다. 또한 노후건물의 재건축을 위하여 해체작업이 증가하고 있다. 이 때 주변오염을 막기 위한 장치도 미비한 실정이고, 또한 주민들은 물론 건축물 해체와 제거작업 근로자들의 석면 분진에 노출될 수 있다.

일부 외국에서는 석면재가 들어간 건물을 해체 또는 수리할 때 건물이나 작업장 전체를 여러겹 비닐로 밀봉하여 일시적으로 폭파 해체 방식을 사용하고 일부 기계적 방법인 압쇄(crusher), Diamond Wire Saw 공법 등에 의해서 하며, 이 때는 산소 마스크가 달린 방호복을 입고 작업하도록 의무화하고 있다. 그러나 국내에서 일반적으로 기계적 방법의 압쇄(crusher)공법인 회전식 크라샤, 고정식 크라샤, 굴삭기 등에 의해서 이루어지고, 그 외에도 단순노무자의 손에 의해서 단계적 해체방식으로 시행하고 있어 석면 노출이 문제가 될 수 있다. 그러므로 석면 취급 근로자에 대한 엄격한 역학조사와 작업환경의 개선방안이 제시되어 석면 취급 근로자의 건강을 보호해주는 것이 산업보건의 당면 과제라고 판단된다. 아직까지 국내에서 이와 관련한 연구는 보고된 바 없다.

따라서 본 연구의 목적은 건축물 해체 작업전 석면 형태를 확인하고, 해체와 제거시 작업별 근로자의 석면 노출 정도를 파악하여 근로자의 건강을 보호하는데 기초 자료를 제시하는데 있으며,

본 연구의 구체적 목적은

첫째, 건축물 해체 작업전 석면 형태를 확인한다.

둘째, 건축물 해체와 제거시 작업별 근로자의 석면 노출 정도를 파악한다.

셋째, 건축물 해체와 제거 작업시 단열재 사용 여부, 내·외부의 작업전과 중, 측정 위치에 따른 석면 농도를 비교 분석한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 시료 채취

평면도에 제시되어 있는 건축물 해체 대상인 A병동, B기숙사 건물 2동과 지역시료 포집장소인 주차관리소(parking office)와 종합관(central administration)건물의 지면으로부터 3층에 연구소(institute)가 위치하고 있다. 그림 2는 해체과정을 분류하여 작업장의 일반적 특성, 시료채취전략수립, 시료채취전의 유량보정, 시료채취, 시료채취후의 유량보정, 시료보관, 분석 및 노출평가를 하였다(Mulhausen과 Damiano, 1998). 분석방법은 미국의 NIOSH 7400, 9002방법 (NIOSH, 1994), EPS-600/ M4-82-020방법(EPA, 1982)으로 하였다.

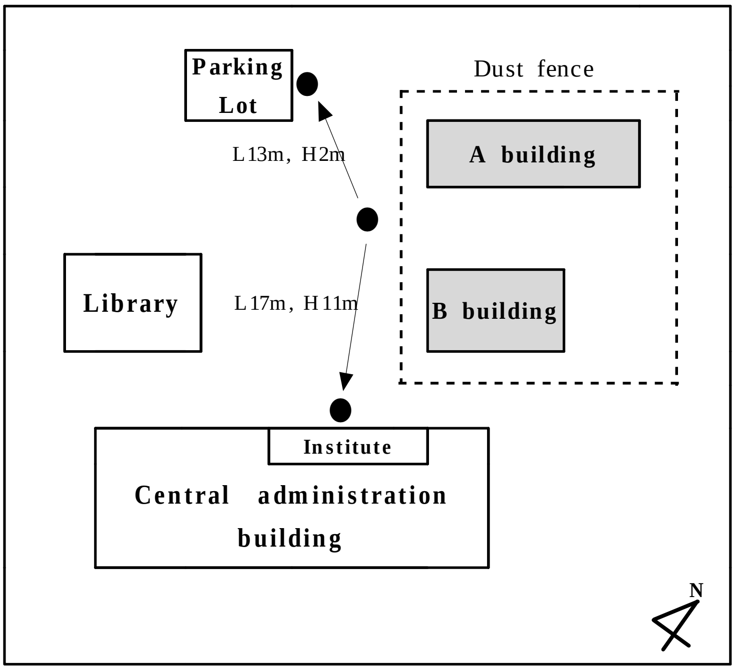


Figure 1. Location of building A and B in university hospital

BUILDING: A and B

↓

PREPARATION:
Safety nets removal
Air conditional removal
Window removal and dust fence
Clearance

↓

ROOF REMOVAL:
Slate
Water proofers
Wood
Insulation

↓

DESTRUCTION:
Rotary crusher
Fixed crusher

↓ ← **SUB-WORK:** Water spray gun

DRIVER:
Dump
Excavators

Figure 2. Process of destruction of building A and B

2. 대상 건물 및 측정 장소

본 연구 대상건물인 서울에 소재한 대학병원 A, B 2동은 2000년 11월 30일부터 2000년 12월 28일까지 해체하였다. A동은 1968년에 신축되었으며, 석면이 포함된 건축 내장재와 단열재가 사용된 3층 건물로 면적은 1,777.38㎡이다. B동은 1978년에 증축되었고 단열재가 사용되지 않은 3층 건물로 면적은 1,424.13㎡이다. 이들 건물은 모두 철근 콘크리트 슬레이트 건물이다.

개인 및 지역 시료 포집은 건물 해체 준비 과정에서부터 건물 해체 잔해물 운반 작업까지 실시하였으며, 분진 보호막 제거 등의 정리 작업을 제외한 2000년 11월 30일부터 2000년 12월 19일 기간 동안 시료를 포집하였다. 작업의 조사 기간 동안 09시, 12시, 18시의 평균 기온 2.5℃, 평균 습도 52.9%, 평균 풍속 2.4m/s, 평균 해면 기압 1025.1hPa이며, 풍향은 서풍이 26.3%, 북동풍이 19.3%, 동북동풍이 15.8%, 서북서풍이 14%순이고, 기타 24.6%이다. 건축물 해체 작업전과 작업중 사진은 그림 3, 4와 같다. 분진 보호막을 기준으로 내부는 개인 시료, 외부는 건물중앙의 분진 보호막으로부터 각각 거리13m, 높이2m와 거리17m, 높이11m의 위치를 구분하여 지역 시료로 나누고, 각각 작업전과 작업중으로 구분하여 시료 채취를 하였다. 물질 시료는 건축물에 사용되어진 재료를 채취하였다.

Figure 3. Scene of building A and B before destruction

Figure 4. Scene of building A during destruction

3. 포집 및 분석 방법

가. 시료 포집 방법

NIOSH 7400 방법을 사용하여 공기중 석면 섬유를 포집하였다(NIOSH, 1994). 이 방법은 직경 25mm, 기공 0.8㎛, 셀룰로우스 멤브레인 필터를 사용하여 50mm 카울이 장착된 포집기를 이용하였다. 시료 포집시 유속은 분당 1 2.0리터로 하고 분석에 영향을 미치지 않도록 공기중의 부유 분진을 고려하여 충분한 시간 동안 개인 및 지역 시료 포집 방법을 사용하였으며, 유량 보정은 사용전후 각각 3회씩 측정하여 측정값을 평균하여 사용하였다.

나. 물질 시료 채취 방법

석면 함유 여부를 판정할 물질 시료의 채취는 미국 EPA 및 NIOSH에서 추천하는 방법을 사용하여 건축물 해체전 건축에 사용되어진 재료의 일부를 오염되지 않도록 poly globe을 이용하여 8종류의 시료를 채취하였고, 또한 2차 오염방지를 위해서 분석실에서 세차례 세척하여 건조시킨 후 corning tube에 보관하였다.

다. 분석 방법

1) 개인 시료 분석

공기중 석면 섬유의 분석은 NIOSH 7400방법(NIOSH, 1994)인 위상차현미경 분석법(phase contrast microscopy, PCM)을 사용하여 Proficiency Analytical Testing(PAT) program에서 제공한 시료를 통해서 사전 정도 관리를 시행하고, 다시 매 분석전 백석면 3개, 갈석면 3개를 각각 실시 확인한 후 분석하였다. 이 방법은 아세톤/ 트리아세틴으로 필터를 투명하게 하고, 기포가 생기지 않도록 고정시

키며 Walton-Beckett Graticule(계수면적 0.00785mm^2)이 삽입된 위상차현미경(Olympus model OA2316, Japan)을 사용하여 400배 배율에서 “A" 계수법에 따라 길이가 5㎛ 이상이고 길이대 직경비가 3:1이상인 가늘고 긴 섬유를 파악하며, 계수를 확인할 때는 graticule 필드로 최소 20필드, 최대 100필드까지 계수를 확인하며, 100필드 내에서는 섬유의 수가 100개를 넘으면 필드 수에 관계없이 계수 확인을 마치었다.

2) 물질 시료 분석

물질 시료내 석면 함유 여부의 판정은 미국 EPA 추천법인 EPS-600/ M4-82-020 (EPA, 1982)과 NIOSH 9002 방법 (NIOSH, 1994)인 편광현미경법 (polarized light microscopy, PLM)을 이용하여 석면의 표면 특성, 굴절율, 색, 복굴절율, 소광 위치, 다색성, 분산색 등의 특성을 이용하였으며, 다음방법과 같이 석면의 함유 여부 및 종류를 분석 판정하고, 그중 일부를 최종 외국에 분석을 의뢰하여 확인하였다.

(가) 현미경의 stage를 회전하며 섬유가 NE-SW(북동-남서) 방향을 가리킬 때 섬유의 색이 청색이 되고 다시 stage를 90° 회전했을 때 황색이 나타나면 그 섬유는 sign of elongation 양성이고 석면일 가능성이 있으므로 다음 (나)로 가서 계속 분석한다. 만약 섬유가 NE-SW 방향에서 황색이 나타나고 90° 회전시 청색이 나타나면 그 섬유는 sign of elongation 음성이고 석면이 아니다.

(나) Red Ⅰ retardation plate를 현미경에서 제거후 stage를 회전한다. 만약 섬유가 밝게 빛나면 석면일 가능성이 있으므로 (다)으로 간다. 그러나 회전시 모든 방향에서 섬유의 빛이 나타나지 않고 암흑상태에 있으면 이는 석면이 아니다.

(다) 하부의 polarizer 진동방향과 나란히 섬유를 놓았을 때(Olympus 현미경에서는 N/S 방향) 섬유가 어두워지면 석면일 가능성이 있으므로(amosite 일 경우 stage를 ±2° 회전할 것) (라)로 간다. 이는 parallel extinction을 보이기 때문이다. 만약 섬유가 밝은 빛을 계속 나타내면 (백색 또는 회색) 부분적인 extinction을 보이므로 석면이 아니다.

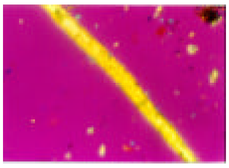
(라) Red Ⅰ retardation plate를 현미경에서 제거한 상태로 섬유의 색을 관찰

한다. 만약 섬유의 색이 회색이면 낮은 briefringence를 나타내며 이는 석면일 가능성이 있고 (마)로 간다. 만약 섬유의 색이 황색, 청색, 적색 또는 녹색이면 briefringence가 높은 것을 말하며 이는 석면이 아니다.

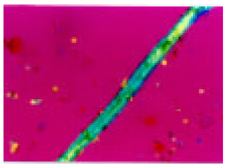
(마) 섬유의 굴절율과 투명화를 위해 사용된 용액의 굴절율을 비교한다. 섬유에 초점을 맞춘 후 stage를 천천히 아래로 내린다. 만약 Becke line(섬유를 둘러싼 'halo')이 섬유의 중앙을 향해서 움직이면 석면일 가능성이 있고, Becke line이 섬유의 중앙으로부터 밖으로 움직이면 석면이 아니다.

이상의 5단계에서 모두 석면일 가능성이 증명되면 그 섬유는 백석면으로 판단한다.

총8건의 물질 시료를 표준 시료인 백석면, 청석면, 갈석면, GF와 비교하면서 편광현미경으로 석면의 함유 여부를 파악하고, 각각의 각도에서 전 시료에 대한 사진촬영을 하였으며, 그 중에서 배관 보온재, 단열재 물질 시료 2건 (그림 5)을 외국기관에 의뢰하여 최종 석면 형태를 확인하였다.



1. 배관보온재 (golden yellow)



2. 배관보온재 (blue green)

3. 배관보온재 (blue)

4. 단열재 (yellow, blue)

5. 단열재 (yellow)

Figure 5. Type of asbestos identified

라. 공기중 석면 농도의 계산

위상차 현미경으로 계측한 섬유 수와 공기 채취량으로 공기중 섬유 밀도(E)와 섬유 농도(C)를 다음 식을 적용하여 구하였다(식1, 2).

$$E = \frac{\left(\frac{F}{n_f} - \frac{B}{n_b}\right)}{A_f}, fibers/\ mm^2. \text{ -------------------- (식1)}$$

F : 시료의 계수 섬유수, fiber

n_f : 시료의 계수 시야수

B : 공시료의 평균 계수 섬유수

n_b : 공시료의 계수 시야수

A_f : 그래티큘 1시야 면적, 0.00785㎟

$$C = \frac{(E)(A_c)}{V \cdot 10^3}, fibers/cc. \text{ -------------------------- (식2)}$$

A_c : 여과지의 유효 면적, 385㎟

V : 공기 채취량, l

바. 결과 분석

자료의 분석은 SAS의 window 버전 6.12 통계 분석 프로그램을 사용하였다. 공기중 석면 농도는 분포 검정 결과 대수 정규 분포를 함에 따라 기하 평균으로 나타내었으며, 각각 작업별로는 분산 분석을 하였다. 내·외부, 작업전·중, 측정위치, 단열재 사용 여부에 따른 근로자의 석면 노출 농도는 본 시료수가 작고 정규 분포를 하지 않아 비모수적 통계 방법으로 두 변수의 비교는 윌콕슨 순위합 검정과 세 변수의 비교는 크루스칼-왈리스 검정을 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 작업별 특성과 시료수

본 연구는 석면 건축 내장재가 포함된 건축물 해체와 제거 작업시 준비 작업이 6건(7.6%), 지붕 제거 작업이 23건(29.1%), 본체 해체 작업이 9건(11.4%), 보조작업이 8건(10.1%) 및 운반 작업이 6건(7.6%)으로 총 52건의 작업시 개인 시료 포집기를 이용하여 채취하였다. 지역 시료는 주차관리소의 8개(10.1%)와 연구소의 19개(24.1%)로 총 27개이었다. 전체 79건에 대한 각각의 작업별 특성과 시료수(백분율)는 다음과 같다(표 1).

Table 1. Number of samples and descriptions of job characteristics

Jobs	Characteristics	No. of samples(%)
Preparation	Personal air sample at safety nets removal, clearance, air conditional removal, window removal and dust fence work before destruction of inside of buildings.	6(7.6)
Roof removal	Personal air sample at slate, water proofers, wood and insulation removal work during destruction of inside of buildings.	23(29.1)
Destruction	Personal air sample at rotary crusher and fixed crusher work during destruction of inside of buildings.	9(11.4)
Sub-work	Personal air sample at water spray gun work during destruction of inside of buildings.	8(10.1)
Driver	Personal air sample at dump and excavation work during destruction of inside of buildings.	6(7.6)
Parking office	Area sample at parking office(length 13m, height 2m) from dust fence in outside between before work and during work destruction of inside of buildings.	8(10.1)
Institute	Area sample at institute (length 17m, height 11m) from dust fence in outside between before work and during work destruction of inside of buildings.	19(24.1)
Total		79(100)

2. 물질 시료에서 확인된 석면의 형태

표 2에서는 석면이 함유된 건축물 2동에서 슬레이트, 단열재, 방수시트, 석고보드, 벽면타일, 콘크리트, 배관보온재 및 폴리우레탄수지 등 총 8종류의 물질 시료를 채취하여 편광현미경으로 분석한 결과 모든 시료에서 백석면이 확인되었으며, 특히 배관보온재는 청석면과 유리섬유가 함께 확인되었다.

Table 2. Type of asbestos identified in bulk samples

Type of bulk	Type of asbestos identified			
	CH	CR	AM	GF
Slate	+			
Insulation＊	+			
Water proofers	+			
Gypsum board	+			
Wall tile	+			
Concrete	+			
Pipe yarn＊	+	+		+
Poly urethane resins	+			

CH, chrysotile; CR, crocidolite; AM, amosite; GF, glass fiber; ＊, Type of asbestos identified in foreign; +, Type of asbestos and glass fiber identified by PLM.

3. 작업별 석면 노출 정도

내부 5개 장소의 작업별과 외부의 2개 장소로 구분하고 전체 7곳 작업으로 분류한 결과를 보여주고 있다. 총 79개 시료중 작업별 시료중 내부 5개 장소의 석면 농도가 가장 높은 작업은 운반 작업으로써 기하 평균 0.069 f/cc 이었고, 다음은 본체 해체 작업의 기하 평균 0.067 f/cc, 보조 작업의 기하 평균 0.055 f/cc, 준비 작업의 기하평균 0.048 f/cc, 지붕제거 작업의 기하 평균 0.047 f/cc 순 이었고, 외부의 2개 장소의 석면 농도는 연구소의 기하 평균 0.052 f/cc, 주차관리소의 기하 평균 0.033 f/cc 이었다. 전체의 공기중 기하 평균 석면 농도는 0.053 (기하표준편차 2.458), 범위는 0.002-0.419 f/cc 이었다. 각각 작업별 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 각각의 작업에서는 준비 작업의 1건(16.7%), 지붕 제거 작업의 1건(4.4%), 본체 해체 작업의 3건(33.3%), 보조 작업의 2건(25.0%), 운반 작업의 1건(16.7%), 주차장관리의 1건(12.5%), 연구소의 4건(21.1%)으로써 이의 모든 작업에서 허용 농도를 초과하고 있다. 따라서 총 시료 79건중 NIOSH의 REL을 초과하는 경우는 13건(16.5%)이며, 특히 본체 해체 작업의 3건(33.3%), 보조 작업의 2건(25.0%) 순으로 가장 높았다(표 3).

Table 3. Distribution of airborne asbestos concentrations by jobs

Type of sampling	Jobs	No. of samples	Airborne asbestos concentrations(f/ cc)			No. of over NIOSH REL(%)
			GM	GSD	Range	
Personal Air Sampling	Preparation[a]	6	0.048	2.114	0.027-0.166	1(16.7)
	Roof removal[b]	23	0.047	1.658	0.018-0.117	1(4.4)
	Destruction[c]	9	0.067	3.169	0.014-0.419	3(33.3)
	Sub-work[d]	8	0.055	2.045	0.015-0.132	2(25.0)
	Driver[e]	6	0.069	2.359	0.030-0.368	1(16.7)
Area Sampling	Parking office[f]	8	0.033	3.713	0.002-0.131	1(12.5)
	Institute[g]	19	0.052	2.151	0.007-0.161	4(21.1)
Total		79	0.053	2.458	0.002-0.419	13(16.5)

a, Safety nets removal, Air conditional removal, Window and dust fence, Clearance; b, Slate, Water proofers, Wood, Insulation; c, Rotary crusher, Fixed crusher; d, Water spray gun; e, Dump, Excavators; f, Length 13m and height 2m from dust fence between outside and inside of building A, B; g, Length 17m and height 11m from dust fence between outside and inside of building A, B; GM, geometric mean; GSD, geometric standard deviation; REL, recommend exposure limit.

4. 건물 해체 작업중 외부와 단열재 사용 여부에 따른 석면 농도 비교

외부의 석면 농도는 기하 평균 0.055 f/ cc, 단열재 사용의 석면 농도는 기하 평균 0.052 f/ cc, 단열재 미사용의 석면 농도는 기하 평균 0.034 f/ cc로서 전체 기하 평균 농도는 0.047 f/ cc(기하표준편차 1.717), 범위는 0.007-0.161 f/ cc 이었다. 이의 세 집단간에는 통계학적으로 유의한 차이는 없었으며, 단열재가 사용 안된 곳의 비하여 단열재가 사용된 곳이 석면 농도가 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 4).

Table 4. Comparison of airborne asbestos concentrations by presence of insulation in work during of destructions

Category		n	Airborne asbestos concentrations(f/ cc) GM	GSD	Range	F	P
Outside dust fence[4]		24	0.055	2.052	0.007-0.161	4.50	0.11
Inside* dust fence	using insulation[1,3]	18	0.052	1.659	0.018-0.117		
	no using insulation[2,3]	5	0.034	1.440	0.023-0.055		
Total		47	0.047	1.717	0.007-0.161		

1), Used insulation to roof removal(slate, water proofers, wood, insulation) of building A; 2), No use insulation to roof removal(wood) of building B; 3), Personal air sample; 4), Area sample; n, number of samples; *, p=0.09 by Wilcoxon signed rank test.

5. 분진보호막 내, 외부의 석면 농도 비교

표 5는 분진보호막 내, 외부의 공기중 석면 농도를 비교하였다.

내부에서 작업전의 근로자 석면 농도는 기하 평균 0.030 f/cc 보다 작업중의 석면 농도는 기하 평균 0.056 f/cc으로 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 외부에서 작업전의 석면 농도는 기하 평균 0.011 f/cc, 작업중의 석면 농도는 기하 평균 0.055 f/cc으로써 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$).

Table 5. Comparison of airborne asbestos concentrations between inside and outside by dust fence

Category	Airborne asbestos concentrations(f/cc)						p-value
	Before			During			
	n	GM	GSD(range)	n	GM	GSD(range)	
Inside	3	0.030	1.170(0.027-0.036)	49	0.056	2.102(0.014-0.419)	0.09
Outside	3	0.011	4.606(0.002-0.040)	24	0.055	2.052(0.007-0.161)	0.04*

*, $p < 0.05$ by Wilcoxon signed rank test; n, number of samples; GM, geometric mean; GSD, geometric standard deviation.

6. 건물 해체 작업중 측정 위치에 따른 석면 농도 비교

표 6은 건물 해체 작업중 측정 위치에 대한 내부와 주차관리소 및 연구소의 석면 농도를 비교한 결과이다.

분진 보호막 내부의 석면 농도는 기하 평균 0.056 f/ cc, 주차관리소의 석면 농도는 기하 평균 0.066 f/ cc, 연구소는 기하 평균 0.052 f/ cc로서 전체 기하 평균 농도는 0.058 f/ cc(기하표준편차 1.982), 범위는 0.007-0.419 f/ cc으로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 주차관리소(거리13m, 높이2m)와 연구소(거리17m, 높이11m)간에도 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

Table 6. Comparison of airborne asbestos concentrations by sampling position in work during of destructions

Category		n	Airborne asbestos concentrations(f/ cc) GM	GSD	Range	F	P
Inside dust fence[3)]		49	0.056	2.102	0.014-0.419	0.44	0.80
Outside * dust fence	parking office[1,4)]	5	0.066	1.693	0.036-0.131		
	institute[2,4)]	19	0.052	2.151	0.007-0.161		
Total		73	0.058	1.982	0.007-0.419		

1), Length 13m and height 2m from dust fence in outside of building A, B ; 2), Length 17m and height 11m from dust fence in outside of building A, B; 3), Personal air sample; 4), Area sample; n, number of samples; *, p=0.669 by Wilcoxon signed rank test.

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 석면 자재를 사용한 건축 구조물의 노후화로 인하여 해체전 물질 시료의 석면 형태를 파악하고, 해체와 제거 작업시 공기중 근로자들의 석면 노출 농도를 조사하기 위하여 실시되었다. 조사 대상 건축물에서 채취한 총 8건의 물질 시료 모두에서 백석면이 확인되었고, 배관 보온재에서 1건의 청석면과 유리섬유도 함께 확인되었다.

이것은 1970년대 수입된 백석면의 80% 이상이 건축 자재에 사용되고 있다. 또한 청석면과 갈석면은 건강장해 위험이 다른 석면에 비해 더 큰 것으로 알려져 전 세계적으로 그 사용을 엄격하게 규제하고 있으며, 국내에서는 1987년 11월부터 그 수입을 금지하였다. 하지만 본 조사의 결과로 볼 때 수입금지 조치 전 우리나라에서는 석면의 유해성과 상관없이 청석면이 사용되었음을 알 수 있다. 수입된 석면은 1970년대에 약 96%가 건축 자재인 슬레이트에 사용되었으나 1990년대에는 슬레이트와 보온 단열재인 건축 내장제, 천장판, 석면판 등에 약 82%를 사용하여 왔다(최정근 등, 1998). 특히 25%는 석면 시멘트 파이프, 21%는 마루바닥용, 14%는 마찰방지용, 10%는 지붕을 이는 재료인 루핑(roofing)으로 이용되며, 그 외 석면 시멘트 깔천 5%, 포장과 가스제품 4%, 열차단제용 2.5% 그리고 플라스틱과 방적에 1%가 소모되어 전체 석면소모량의 3/4이상을 차지한다(조규상, 1985). 따라서 본 조사에서도 물질 시료인 슬레이트, 단열재, 방수시트, 석고보드, 벽면타일, 콘크리트, 배관보온재 및 폴리우레탄 수지 모두 백석면으로 확인되었으며, 배관 보온재에서는 청석면과 유리섬유을 함께 발견하였다.

결과의 표 3에서 보듯이 작업별 석면 노출 정도에서 운반 작업은 기하 평균 0.069 f/cc가 조사되었고, 다음은 본체 해체 작업의 기하 평균 0.067 f/cc, 보조 작업의 기하 평균 0.055 f/cc, 준비 작업의 기하 평균 0.048 f/cc 및 지붕 제거 작업의 기하 평균 0.047 f/cc 이었으며, 지역 시료의 석면 농도는 연구소의 기하 평균 0.052 f/cc, 주차관리소의 기하 평균 0.033 f/cc 순위였으며, 전체의 공기중 기하 평균 석면 농도는 0.053 ± 2.458, 범위는 0.002-0.419 f/cc이었다. 이는 우리나라의

석면 사업장에 대한 석면의 허용 농도인 백석면 2 f/cc, 갈석면 0.5 f/cc, 청석면 0.2 f/cc보다는 낮지만 환경청의 지하공간 환경 농도 권고치와 미국 EPA의 석면 실내 기준인 0.01 f/cc 보다는 높았다. 또한 작업별 미국의 NIOSH 허용농도인 0.1 f/cc를 초과하는 곳은 없었지만 각각의 작업에서는 전체 79건중 13건(16.5%)이 초과되었다.

미국, 프랑스 등지에선 석면 자재가 들어간 건물을 해체 또는 수리할 때 건물이나 작업장 전체를 여러겹 비닐로 밀봉하여 일시적 폭파 해체하는 방식을 사용하는 반면에 국내의 대부분은 기계적 방법의 압쇄(crusher)공법인 회전식 크라샤, 고정식 크라샤, 굴삭기 등에 의해서 이루어지는 단계적 해체 방식이다. 따라서 건축물 해체에 따른 각각의 작업별로 직접적인 석면 노출 농도와의 비교는 어렵다. 그러나 백남원과 이영환(1991)의 연구에서 슬레이트 제조시 석면 농도의 범위는 0.04-4.75 f/cc, 슬레이트 제조사업장 범위는 0.03-1.08 f/cc(최정근 등, 1998), 석면 슬레이트 제조업은 평균 0.08 f/cc, 범위 0.02-0.67 f/cc(오세민 등, 1993), 운반 작업자의 TWA적용은 0.035 f/cc이하(Wilmoth 등, 1994), Valve Packing 제거 작업은 0.2-1.3 f/cc(Millette 등, 1993), 시멘트 창고 제거 작업자 범위는 0.02-0.65 f/cc 이다(Perkins 등, 1992). 본 연구에서 위 결과보다 낮게 검출된 것은 본 연구에 사용된 PCM분석은 백석면 파악시 oversight로 인한 25% 과소추정(Pang, 2000)을 배제 할 수 없고, 단계식 해체 방법에서 지붕 제거 작업은 슬레이트를 거두어 지면에 낙하시키므로 인해 평균 석면농도가 운반 작업과 본체 해체 작업 보다 낮다. 하지만 지붕 제거 작업자들의 석면 및 유리섬유의 노출로 인한 폐암 비례사망지수는 139 (131-148)이다(Stern 등, 2000). 이처럼 석면의 유해성을 고려할 때 작업자들은 호흡 보호구와 보호의 착용이 절대적으로 필요하고, 이들의 체계적인 건강관리 교육 프로그램의 개발이 시급하다. 또한 석면을 사용한 건축물을 해체 할 때 주변으로 확산되어 주민들은 석면 분진에 노출될 수 있다(조규상, 1985).

표 4의 결과는 세 집단간에는 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 단열재가 사용되지 않은 건물보다 단열재가 사용된 건물에서 석면 농도가 높았으나, 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 이는 단열재가 사용된 건물 A동은 1968년도의 건축물이며, 단열재가 사용되지 않은 건축물은 1978년도에 증축된 건물이다. 단열재

설치후 공기중 섬유 농도는 0.001-0.010 f/cc(van der Wal 등, 1987)으로 본 조사의 결과보다 낮았다. 학교, 일반건물, 병원 등 43개 건물에서 채취한 235개 시료를 분석한 결과 0.01 f/cc 이상이 13%이었고 최대치가 0.075 f/cc(Burdett 와 Jaffrey, 1986)으로 본 결과와 비슷한 농도이었다. 위의 결과로 볼 때 단열재가 설치된 후와 단열재가 포함된 건축물 해체와의 직접적인 결과 비교는 어렵고, 노출 상태와 분석 방법이 상이하기 때문인 것으로 추정된다. 또한 단열재가 사용된 건축물 해체와 외부의 석면 농도와 비슷한 노출 수준은 건축물 해체시 광범위하게 비산 될 수 있음을 암시하고 있다.

표 5는 내부에서 작업전 준비 작업시 석면 농도는 기하 평균 0.030 f/cc, 작업중의 석면 농도는 기하 평균 0.056 f/cc으로써 약 2배정도 높은 결과이며, 전체 기하 평균 농도는 0.038 ± 2.483, 범위는 0.002-0.419 f/cc이다. 작업전 준비 작업시 석면 농도보다 작업중의 석면 농도가 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 외부에서 작업전 석면 농도는 기하 평균 0.011 f/cc, 작업중의 석면 농도는 기하 평균 0.055 f/cc으로써 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). Lange(2001)의 연구에서 석면이 코팅된 창문제거와 준비 작업과 작업중에 석면 농도는 0.01, 0.07f/cc와 비교할 때 유사한 결과이다. 하지만 위의 결과로 직접적인 비교는 어렵다. 김현욱(1995)연구에 의하면 주차장 건물내의 석면 농도는 0.0068 f/cc로 본 조사 결과보다 낮거나, 석면 제거 작업 내부의 지역 시료와 개인 시료에서는 0.119, 0.233 f/cc(Perkins 등, 1992)로 보다 높은 결과를 나타내기도 한다.

이는 작업전 내부의 준비 작업의 방범망 해체, 쓰레기 청소, 에어콘 제거, 창문 알미늄 제거와 분진 보호막 설치 작업이 포함된 결과이다. 작업중 내부의 석면 농도는 기하 평균 0.056 f/cc, 외부의 석면 농도는 기하 평균 0.055 f/cc이다. 전체 기하 평균 농도는 0.038 ± 2.483, 범위는 0.002-0.419 f/cc이다. 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 그러나 건물 외부 대기환경 중에서 측정한 섬유 농도 범위는 0.0004-0.0130 f/cc, 기하 평균이 0.0033 f/cc(김현욱, 1995), 서울 중앙 지역에서 측정된 농도인 0.0022 f/cc(유영식과 김종규, 1989)보다 높다. 이는 직접적인 결과 비교는 어렵지만 내부의 준비 작업시 노출되었을 가능성이 있으며, 또한 주변에 석면 자재를 사용한 노후화된 슬레이트 건물들이 밀집되어 있고, 건물들로 인한 공

기의 흐름이 차단되어 있고, 공사 차량과 병원 출입 차량 등의 변수가 많기 때문으로 추정된다.

49개 정부 건물을 대상으로 한 연구결과(Chesson 등, 1990)에서 표면손상정도가 석면 농도에 영향을 주는 것으로 나타났고, 우리나라 연구도 표면관리 상태와 공기중 섬유 농도간에 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되어 공기중 섬유 농도를 낮은 수준으로 유지하려면 건물내 노출된 표면을 관리할 적절한 기법을 도입하여야 할 것이다(문지영과 김현욱, 1994).

표 6의 결과에서 보듯이 건축물 해체와 제거 작업시 분진 보호막의 중심으로부터 거리 17m와 높이 11m의 측정 위치에서 석면 농도의 통계학적 유의한 차이가 없다는 것은 원거리까지 광범위하게 비산할 수 있음을 제시한다. 따라서 Hoskins와 Brown(1994)의 연구에서 빌딩 폭파 해체와 화재이후 공기중 광물성 섬유 분진이 주변 거리(kilometers)의 매우 광범위하게 증가한다는 결과를 뒷받침하고 있다. 또한 건축물 해체와 제거 작업시 석면 분진 노출의 비산을 방지하기 위하여 분진 보호막을 설치하였음에도 불구하고 효과가 없었다. 따라서 본 결과에서 보듯이 높이 그리고 멀리 광범위하게 비산 될 가능성이 있으므로 국내의 대기 환경보전법에 따라 최고 저장높이의 1.25배 이상의 분진 보호막을 설치 및 야적물질의 함수율은 항상 7-10%를 유지할 수 있도록 적용 준수하거나 외국처럼 완전 밀폐 방법을 고려하여 작업자는 물론 인근 주민들의 건강보호가 필요하다.

앞으로는 건물 해체 작업시의 석면 노출 평가에 대하여 대기중의 풍속과 풍향 등의 고려가 필요할 것이며, 시료 포집의 과잉포집으로 인하여 oversight 될 수 있으므로 적절한 시료 채취 시간의 선정이 필요하다. 그러므로 이러한 연구는 전자현미경(TEM)방법을 사용하여야 할 것으로 사료된다.

따라서 향후 연구는 건축물의 단계적 해체와 제거 작업인 경우 일정한 거리별 비산 정도를 파악하고, 열악한 작업환경의 비정규 직종에 대한 전반적인 노출실태 조사가 필요하다.

V. 결 론

서울에 소재한 대학병원의 건축물인 A병동은 1968년에 신축되었으며, 석면이 포함된 건축 내장재와 단열재가 사용된 3층 건물로 면적은 1,777.38㎡이다. B동은 1978년에 증축되었고, 단열재가 사용 안된 3층 건물로 면적은 1,424.13㎡이다. 이들 건축물 해체전 석면 형태를 파악하기 위하여 물질 시료 8건에서 위상차 현미경분석(PCM)을 실시하고, 건축물 해체와 제거시 작업별 근로자의 석면 노출 정도를 파악하며, 건축물 해체와 제거 작업시 단열재 사용 여부, 내·외부의 작업전과중, 측정 위치에 따른 석면 농도를 비교 분석하기 위하여 포집 시료 총79건에서 편광 현미경분석(PLM)을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 건축물 해체전 채취한 물질 시료 전부에서 백석면을 확인하고, 배관보온재에서는 청석면과 유리섬유을 함께 발견하였다.

둘째, 건축물 해체 작업별 석면 노출 정도는 운반 작업 0.069 f/cc, 본체 해체 작업 0.067 f/cc, 보조 작업 0.055f/cc, 준비 작업 0.048f/cc 및 지붕 제거 작업 0.047 f/cc이었고, 0.1 f/cc이상 초과 건수는 본체 해체 작업의 3건(33.3%), 살수 작업의 2건(25%) 순 이었다. 또한 각각의 작업에 따른 석면 농도는 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

셋째, A와 B건축물의 해체 작업시 단열재 사용 여부에 따른 석면 농도는 차이가 있었으나 통계학적으로 유의하지는 않았다.

넷째, 분진 보호막 내부의 건축물 해체 작업전과 작업중의 석면 농도 차이는 해체 작업전보다 높았으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 하지만 분진 보호막 외부의 작업전보다 유의하게 높았다.

다섯째, 건축물 해체 작업시 석면의 농도는 분진 보호막 내부와 외부의 주차관리소(길이 13미터, 높이 2미터) 및 연구소(길이 17미터, 높이 11미터)간의 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

결론적으로 건축물 해체 작업전에 채취한 물질 시료 전부에서 석면이 검출되었다. 건축물 해체와 제거시 모든 작업에서 비교적 높은 농도의 석면이 발생되었

다. 단열재 사용 여부에 따라 석면 농도의 차이가 있었으며, 분진보호막 내부와 외부의 작업전과 중에서 석면 농도의 차이가 높았다. 측정 위치간 석면농도의 차이가 없다는 것은 건축물 해체와 제거 작업시 분진 보호막을 설치하였음에도 불구하고 차단 효과가 없다는 것을 의미한다. 따라서 건축물 해체와 제거 작업 근로자들은 보호의 착용은 물론 호흡 보호구 착용이 필요하며, 해체 작업시 건축물 높이 이상의 분진 보호막을 설치 또는 완전 밀폐하여 비산 분진을 차단하여야 할 것이다.

참고 문헌

김현욱. 대형건물내 비고형 석면함유 건축자재에 의한 기중 석면오염 및 관리 실태. 한국산업위생학회지 1995; 5(2):137-146

노동부. 산업위생업무편람. 노동부 고시 제 91-21호, 1994

백남원, 이영환. 석면취급 사업장 근로자의 석면폭로 특성에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1991; 1(2): 144-153

백남원. 우리나라 석면 취급근로자의 석면 폭로실태와 석면폐 발생에 관한 연구. 서울대학교 보건대학원, 노동부 직업병 예방을 위한 학술연구용역사업 1994

문지영, 김현욱. 서울시내 일부주차장의 공기중 섬유농도에 영향을 미치는 인자 분석. 한국 산업위생학회지 1994; 4(2): 157-167

오세민, 신용철, 박두용, 박동욱, 정규철. 일부 석면취급사업장의 석면폭로 농도 및 작업환경관리 기준에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1993; 3(1): 100-109

조규상. 진폐증. 최신의학사, 1985; 263-282

최정근, 백도명, 백남원. 우리나라 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화. 한국산업위생학회지 1998; 8: 242-253

환경관리청. 대기환경보전법 제62조 제2항 규칙별표16, 1999

Becklake MR. Asbestos-related diseases of the lung and other organs. Their epidemiology and implications for clinical practice. Am Rev Respir Dis 1976; 114: 187-227

Berry G, Gilson JC, Holmes S, Lewinsohn HC, Roach SA. Asbestosis. A study of dose-response relationships in an asbestos textile factory. Brit J Ind Med 1979; 36: 98-112

Brown SK. Asbestos exposure during renovation and demolition of asbestos-cement clad buildings. Am Ind Hyg Assoc J 1987; 48: 478-486

Burdett GJ, Jaffrey SA. Airborne asbestos concentrations in buildings. Ann Occup Hyg 1986; 30(2): 185-199

Chesson J, Hatfield J, Schultz B, Dutrow E, Blake J. Airborne asbestos in public buildings. Environ Res 1990; 51(1): 100-107

Doll R. Mortality from lung cancer in asbestos workers. Brit J Ind Med 1955;12: 81-86

Environmental Protection Agency. Interim method for the determination of asbestos in bulk insulation samples. EPA-600/ M4-82-020, 1982

Frumkin H, Berlin J. Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis. Am J Ind Med 1988; 14: 79-95

Hoskins JA, Brown RC. Contamination of the air with mineral fibers following the explosive destruction of buildings and fire. Drug Metabol

Rev 1994; 26(4): 663-673

Kagan E, Jacobson RJ. Lymphoid and plasma cell malignancies. Asbestos-related disorders of long latency. Am J Clin Pathol 1983; 80: 14-20

Lange JH. Occupational exposure during removal of windows with lead-based paint and asbestos caulking. Bull Environ Contam Toxicol 2001; 66: 146-149.

Lippmann M. Review: Asbestos exposure indices. Environ Res 1988; 46:86-106

Maclure M. Asbestos and renal adenocarcinoma. A case-control study: Environ Res 1987; 42: 353-361

McDonald. Dust exposure and mortality in chrysotile mining, 1910-75. Brit J Ind Med 1980; 37: 11-24

Millette JR, Mount MD. A study determining asbestos fiber release during the removal of valve packing. Appl Occup Environ Hyg 1993; 8(9):790-793

Mulhausen JR, Damiano J. A strategy for assessing and managing occupational exposures. Am Ind Hyg Assoc 1998; 2:1-177

National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH). Manual of analytical methods, 4th Ed., asbestos and other fibers by PCM No. asbestos(bulk)by PLM No. 9002, 1994

Perkins JL, Rose VE, Cleveland MS. Analyses of PCM asbestos air monitoring results for a major abatement project. Appl Occup Environ Hyg 1992; 7(1):27-32

Selikoff IJ, Seidman H. Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers. Cancer 1981; 47: 1469-1473

Stell PM, McGill T. Exposure to asbestos and laryngeal carcinoma. J Laryngol Otol 1975; 89(5): 513-517

Stern FB, Ruder AM, Chen G. Proportionate mortality among unionized roofers and waterproofers. Am J Ind Med 2000; 37(5): 478-492

van der Wal JF, Ebens R, Tempelman J. Man-made mineral fibers in homes caused by thermal insulation. Atmos Environ 1987; 21(1): 13-19

Wagner JC, Sleggs CA, Marchand P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape province. Brit J Ind Med 1960; 17: 260-271

Wilmoth RC, Taylor MS, Meyer BE. Asbestos release from the demolition of two schools in Fairbanks, Alaska. Appl Occup Environ Hyg 1994;9(6): 409-417

Abstract

Exposure evaluation of releasing asbestos during building destruction work

Chung Gon Choi
Department of Public Health
The Graduate School
Yonsei University

(Directed by Professor Jaehoon Roh, M.D., Ph.D.)

Building A of a hospital university located in Seoul was constructed in 1968 years with asbestos content insulation materials. Building A had three floors on area 1,777.38㎡. Building B was constructed in 1978 with asbestos and had three floors on area 1,424.13㎡. Two buildings were destructed and removed simultaneously. Developed nations prefer to enclose destruction sites perfectly but in Korea a building has been destructed by construction workers. So, Korea may have any problem of asbestos exposure.

Therefore, objectives of the study was to identify asbestos type before destruction, to assess exposure level of asbestos by jobs, to exposure levels of asbestos by insulation presence, between before-work and during-work and by sampling position during destruction, therefore, to provide basic data for preventing health of destruction workers.

Eight bulk samples in two buildings were sampled and analysed by polarized light microscopy. For destruction and removal of A, B building, 52 personal air samples and 27 area samples for airborne asbestos concentrations were sampled and analysed by phase contrast microscopy.

The results were as follows;

1. Chrysotile asbestos was found in total 8 bulk samples sampled in before destruction. Crocidolite and glass wool were found in bulk samples of pipe yarn.
2. Exposure level(geometric mean 0.069 f/cc) of driver was the highest, destruction removal 0.067 f/cc, sub-work 0.055 f/cc, preparation 0.048 f/cc, roof removal 0.047 f/cc and institute 0.052 f/cc, parking office 0.033 f/cc. 3 sample(33.3%)of destruction removal and 2 sample(25%) water spray gun exceeded exposure limit of NIOSH. Difference of exposure levels of asbestos by jobs were not statistically significant.
3. Although there was difference of airborne asbestos concentrations by presence of insulation, the difference was not statistically significant.
4. Although there was difference of airborne asbestos concentrations between work before and during by inside, the difference was not statistically significant. Different of airborne asbestos concentration between work before and during by outside was statistically significant($p < 0.05$).
5. Differences of airborne asbestos concentrations in inside of dust fence, parking office(length 13m, height 2m) and institute(length 17m, height 11m) in outside of dust fence were not statistically significant.

Finally, we confirm that all bulk sample of construction material contained asbestos. For destruction and removal of buildings, asbestos of high concentrations was released in the all job of destruction and this means that protection of dust fence for asbestos was ineffective. So, it is necessary for destruction workers to wear respiratory protective equipments as well as protective clothes. Also, it is necessary to make a dust fence above a destructing building or to isolate a destructing building perfectly.

Key words : asbestos, building destruction, PCM, PLM, dust fence