

## 석면함유 공공 건축물의 위해성 평가 및 면적 분포 특성

송수진 · 장봉기\* · 조봉현 · 김영지 · 허은협 · 이종대 · 손부순 · 이종화

순천향대학교 환경보건학과

## An Asbestos Risk Assessment and Areal Distribution of Asbestos Containing Materials in Public Buildings

Su-Jin Song · Bong-Ki Jang\* · Bong-Hyun Jo · Yeong-Ji Kim ·  
Joung-Dae Lee · Bu-Soon Son · Jong-Wha Lee

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University

### ABSTRACT

**Objectives:** This study, aims to examine the distribution characteristics of asbestos-containing building materials; risk assessment and area of distribution of asbestos-containing building materials depending on year of construction; building materials; types of building materials; and usage in public buildings in order to create fundamental data for safe management of public buildings.

**Methods:** The asbestos investigation was conducted by an asbestos research institution from March to May 2014, targeting 41 public buildings which were subject to asbestos investigation in South Chungcheong-do Province. With respect to 381 presumed asbestos-containing materials, an investigation was conducted into whether they contained asbestos, asbestos type, content, year of construction, and use in the building were examined, and a risk assessment was performed.

**Results:** Asbestos-containing building materials were used in 35 buildings(85.4%). Among them, 31(88.6%) were public buildings. Asbestos was detected in 73% of 381 suspected asbestos-containing materials, which were mostly ceiling materials (85.2%). The older the buildings, the more they showed a tendency to have a significantly higher risk assessment score. The ratio of average area with asbestos-containing building materials to total floor area was 57.6%, 44.1%, and 17.8% for buildings built in the 1980s, 1990s, and 2000s, respectively. This showed a tendency to be significantly higher with the age of the building.

**Conclusions:** From the results above, it can be concluded that with the age of the buildings, the risk assessment score and the ratio of average area with asbestos-containing building materials to total floor area became significantly higher. Given the concern about the exposure to asbestos of residents and civil petitioners, safety management of older public buildings and measures for dismantling and removal of asbestos-containing building materials should therefore be urgently established.

**Key words:** areal distribution, asbestos containing materials, asbestos risk assessment, construction year, public building

### I. 서 론

석면은 뛰어난 유연성, 내약품성, 내열성, 고장력 등의 특성을 가진 섬유상 규산염 광물을 총칭하는 것으로서, 석면의 사용은 2차 세계대전 이후 세계적으로 급격하게 증가하였고, 가장 일반적으로 사용되

는 형태인 백석면은 전 세계 생산량의 90%~95%를 차지하였으며, 1977년에 최대인 연간 480만톤의 석면을 생산하였다(Virta, 2006).

국내에서는 새마을 운동의 영향으로 석면슬레이트를 생산하기 위해 1970년대 이후부터 석면의 수요가 급증하였고, 석면 원재료 수입량은 1980년 이후 증

\*Corresponding author: Bong-Ki Jang, Tel: +82-41-530-1268, E-mail: jangbk@sch.ac.kr

Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Asan-si, Chungnam, 31538

Received: August 1, 2016, Revised: September 12, 2016, Accepted: September 20, 2016

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

가 추세를 보이다가 1992년 최고치에 달했다(MoE, 2009).

소방법에 의해 1965~1991년까지 공공건물에는 의무적으로 내벽에 석면을 살포하도록 법제화시켰을 뿐 아니라 1970년대부터 학교, 다중이용시설, 공공건축물에 다양하게 사용되었다(Kang, 2009). 1990년대에는 석면이 슬레이트 이외에도 건축내장재, 천장판 등 다양한 건축자재에 약 82%로 대부분 사용되었다(MoE, 2009).

하지만 석면은 내 알칼리성과 내 산성의 특성을 가지고 있으며, 호흡기를 통해 노출되면 생체 내에서 오랜 시간 잔류하여 석면폐(asbestosis) 등을 유발시킨다. 국제노동기구(International Labour Organization, ILO)에서는 전 세계에서 10만명 이상이 석면으로 인해 사망한 것으로 보고 있으며, 매년 미국에서 3천명, 유럽에서 5천명 이상이 악성중피종으로 인해 사망한다고 발표했다(Wagner et al., 1960; DCOMM, 2004).

세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(International agency for research cancer, IARC)에서 석면을 1급 발암 물질로 지정하였으며, 우리나라에서는 산업안전보건법에 준하여 석면이 0.1% 이상 함유된 건축자재 등의 제조·수입·양도·제공·사용을 전면 금지하였다(MoEL, 2015a). 최근에는 석면안전관리법(MoE, 2014)의 시행으로 공공건물, 다중이용시설, 학교, 문화 및 집회시설, 의료시설, 노인 및 어린이 시설, 특수법인 등에 대한 건축물 석면관리제도가 도입되어 관리 중에 있다.

그러나 1970년대 이후 석면의 수입 및 사용이 금지되기 전까지 광범위하게 사용되어 왔으며 현재 건축물에도 잔존해 있다. 이러한 건축물이 노후화되면서 석면함유 건축자재의 비산이 문제시 되고 있어 건강영향 우려가 심화되고 있는 건물의 석면조사를 실시하고 추후 석면이 함유된 건축물의 철거 및 관리가 요구된다.

Kim et al.(2010), Jang et al.(2013)의 연구에서 건축연도가 오래됨에 따라 석면 섬유유 환경으로의 방출량이 증가함을 보고한 결과에 비추어 볼 때 실내에서도 석면이 함유된 건축자재의 설치연도가 오래될수록 위해성이 높을 것으로 여겨진다.

그러나 석면에 관한 기존 연구는 주로 일반 건축물

(Jeong et al., 2005; Choi et al., 2011)과 교육시설에서의 실태조사(Roh et al., 2007; Shin et al., 2011; Oh et al., 2014), 건축물의 해체 작업(Lee et al., 2014), 석면의 분석방법(Ham et al., 2009; Hwang et al., 2011)과 관련하여 이루어 졌으나 일반 민원인의 출입이 많은 공공건축물의 석면사용에 관한 연구(Roh et al., 2007; Jeong et al., 2011)는 부족한 실정이다. 또한 대부분의 연구들은 건축물에서의 석면함유 의심자재들을 대상으로 하여 석면의 검출률만을 조사하는 것이 대부분으로 석면함유 건축자재의 면적이 건축물 연면적에서 차지하는 비율까지 조사한 연구는 없었다.

따라서 본 연구는 공공건축물의 건축연도, 건축자재의 종류, 건축물의 용도에 따른 석면함유 건축자재의 분포 특성, 위해성 평가, 석면함유 건축자재의 면적이 건축물 연면적에서 차지하는 비율 등을 조사하여 추후 공공건축물의 관리를 위한 기초 자료를 마련하고자 시도하였다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 조사대상

본 연구는 2014년 3월부터 5월까지 충남지역에 위치한 석면조사 대상 공공건축물 중 석면사용이 전면 금지된 2009년 이전에 완공된 41개소를 대상으로 산업안전보건법(MoEL, 2014)에 따라 고용노동부장관의 지정을 받은 석면조사기관에서 석면조사자 교육을 이수한 자들이 조사를 실시하였다. 채취한 석면함유 의심자재의 수는 총 381개이었고, 석면의 종류 및 함유량과 건축물에 따른 석면 함유 여부를 조사하였다.

### 2. 조사방법

본 연구의 조사대상 건축물들의 자재 형태에 따른 시료채취와 분석을 위하여 산업안전보건법 제38조의 2 및 같은 법 시행령 제30조의 3, 시행규칙 제80조의 4에 의거하여 대상건축물의 건축물 관리대장을 참조하여 설비시설의 석면조사를 진행하였다.

건축물에서 기능지역(functional spaces), 즉 사무실, 화장실, 복도 등 각각의 기능을 달리하는 구역을 확인하면서 석면함유 의심자재(Presumed Asbestos Containing Materials; PACM)를 조사하였다. 건축물의 전체 연면적

은 사전조사에서 확보한 건축물 관리대장의 면적을 기반으로 실제 건축물의 연면적과 석면함유 건축자재의 면적은 레이저 거리 측정기(DLE40, BOSCH, Malaysia)를 이용하여 구했다.

파악된 석면함유 의심물질은 고용노동부 석면조사

및 정도관리규정(MoEL, 2015b) 및 U.S. EPA(1987) AHERA(Asbestos Hazard Emergency Response Act) Inspection에 따라 형태와 기능, 색상, 질감 등에 따라서 동일물질구역(homogeneous area)을 구분 지어 규정된 시료수 이상의 시료를 채취하였다.

**Table 1.** Risk assessment checklist for asbestos containing materials

Category	Assessment factors	Article	Score	
Physical assessment	Scattering	None	0	
		Low	1	
		Medium	2	
		High	3	
	Damage condition	No damage	0	
		Small amount of damage	1	
		Partial damage	2	
		Severely damaged	3	
	Asbestos content(%)	Less than 20%	1	
		20% ~ 39%	2	
		More than 40%	3	
	Potential disturbance assessment	Possible damage by vibration	None	0
Medium			1	
High			2	
Possible damage by air current		None	0	
		Medium	1	
		High	2	
Possible damage by water leak		None	0	
		Medium	1	
		High	2	
Potential damage by maintenance		Maintenance form	None	0
			Low maintenance	1
			Medium maintenance	2
	Maintenance frequency	High maintenance	3	
		None	0	
		Low	1	
Human exposure assessment	A resident worker or resident	Medium	2	
		High	3	
		None	0	
	Frequency of the area	Medium	1	
		High	2	
		None	0	
Average usage time of the area	Medium	1		
	High	2		

그리고 고형시료(bulk sample)를 채취하기 위하여 포집효율이 99%인 특급 필터가 장착된 반면 마스크와 보호의 착용 후 진행하였고, 채취 시에 사용한 공구는 젖은 천(물티슈)으로 닦아 낸 후 별도의 폐기용 비닐 백에 보관하였다.

### 3. 석면자재의 위해성 평가방법

석면함유 자재의 위해성 평가는 “석면건축물의 위해성 평가 방법”에 따라 실시하였다(MoE, 2012). 물리적 평가(비산성, 손상 상태, 석면 함유량), 잠재적 손상 가능성 평가(진동, 기류, 누수), 유지 보수에 따른 손상 가능성 평가(유지 보수 형태와 빈도), 인체 노출 가능성 평가(상주 인원 또는 거주자 수, 구역의 사용 빈도와 평균 사용시간)로 구분할 수 있다. 이러한 위해성 평가 지수의 합계가 11점 이하일 경우 “낮음”으로 잠재적 손상 가능성이 낮은 상태이고, 12점~19점일 경우 “중간”으로 잠재적 손상 가능성이 높은 상태, 20점 이상일 경우 “높음”으로 잠재적 손상 가능성이 매우 심한 상태인 것으로 나누어 평가하였다(Table 1).

### 4. 고형시료 분석

채취한 고형시료의 분석은 편광현미경을 이용한 건축자재 등의 석면분석법(MoEL, 2015b)과 시야평가법을 적용하였다.

고효율 필터가 장착된 후드 내에서 입체현미경(stereo microscope, SZ51, Olympus, Japan)을 이용하여 시료를 관찰한 후 굴절 시약(refractive index liquids, Cargille Labs, USA)을 사용하여 표본을 제작하였다. 제작된 표본은 빛의 편광 현상과 섬유의 광학적 비등방성(optical anisotropy)을 이용한 섬유의 형태, 색상/다색성, 소광 특성, 굴절률, 신장 부호, 분산 염색 등의 특성을 확인할 수 있는 편광현미경(polarized light microscope, Eclipse LV100POL, Nikon, Japan)을 이용하여 정성분석 하였다. 분석 결과에서 1% 이상의 석면이 함유되어 있을 경우 석면함유 건축자재(Asbestos Containing Materials; ACM)로 규정하였고(MoE, 2014), 정량분석은 시야평가법(visual estimation)으로 하였다.

외부기관에 시료의 10%를 보내 cross-check을 진행하였고, 석면검출 유무, 석면종류는 본 조사와 동일한 결과를 나타내었으며, 석면 함유량은 본 조사와

유사한 결과를 나타내었다.

### 5. 통계 분석

충남지역 일부 공공건축물 고형시료의 분석 자료는 SPSS 21.0(version 21.0K, IBM, USA)과 Excel 프로그램을 이용하여 통계분석하였다.

연구대상의 건축연도, 건축 자재 종류에 따른 석면 검출률, 석면함유 건축자재의 면적 및 위해성 평가 점수의 평균 비교는 분산분석(one way ANOVA)으로 검정을 실시하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 조사대상 개별 공공건축물별 석면함유 의심자재의 특성

충남지역에 위치한 일부 공공건축물 전체 41개소의 석면함유 의심자재의 종류별 석면 함유 여부를 보면 석면함유 의심자재 시료 381개 중 278개(73.0%)가 백석면이 함유된 것으로 조사되었으며, 이 중 대부분은 천장재였다. 또한 석면함유 건축자재 278개 중 천장재는 237개(85.2%), 칸막이는 26개(9.4%), 개스킷은 15개(5.4%)로 천장재가 가장 많았다(Table 2). 단열재인 개스킷에서는 15개(100.0%) 시료 모두가 석면이 함유된 자재였고, 백석면의 함유율은 20~23%로 조사되었다. 천장재는 335개의 시료 중 237개(70.7%)에서 3~5%의 백석면이 검출되었고, 칸막이에서는 26개(100.0%) 모두 14~20%의 백석면이 함유된 것으로 조사되었다. 조사대상 공공건축물의 총 면적은 73,512 m<sup>2</sup>였고, 석면 함유 건축자재의 면적은 25,288 m<sup>2</sup>였으며 이중에 천정재인 텍스가 23,777 m<sup>2</sup>로 대부분을 차지하였다. 건축연도는 1981년에서 2006년까지 분포하였다.

### 2. 공공건축물 건축자재의 석면 함유 여부

충남지역에 위치한 일부 공공건축물 41개소를 대상으로 석면함유 의심물질 분석결과 1% 이상의 석면이 함유된 자재를 사용한 건축물은 35개소로서 85.4% 이었다. 석면함유 건축자재가 사용된 공공 건축물 중 면적의 합이 50 m<sup>2</sup> 이상인 석면건축물에 해당되는 건축물은 31개소로 전체의 88.6%를 차지하였다(Table 3).

**Table 2.** The results of asbestos sample analysis at all subject buildings

Building No.	Materials*				Detection rate (%)	Content of asbestos (%)	Total area (m <sup>2</sup> )	ACM† area (m <sup>2</sup> )	Tex area (m <sup>2</sup> )	Building uses	Construction year
	Ceiling tile (Tex)	Hard wallboard	Gasket	Etc							
1	15/17	3/3	1/1	0/2	83	3~23	4,549	2,961	2,603	Business	1981
2	7/9	6/6	1/1	-	88	3~23	4,371	2,210	1,949	Business	2001
3	15/16	1/1	-	-	100	3~17	1,899	1,200	1,041	Business	1991
4	11/11	-	1/1	-	100	3~20	2,546	2,260	2,259	Etc	1996
5	6/7	-	-	-	86	3	956	791	791	Etc	1996
6	7/7	-	1/1	-	100	3~23	676	609	609	Business	1993
7	6/6	2/2	-	-	100	3~17	1,893	280	265	Welfare	2000
8	7/8	1/1	-	-	89	3~17	802	540	524	Business	1992
9	6/6	1/1	-	-	100	3~17	1,227	801	724	Business	1991
10	8/11	1/1	-	-	75	3~23	674	306	276	Business	1999
11	0/2	-	1/1	-	33	23	4,355	3	0	Welfare	2005
12	2/2	2/2	1/1	0/1	83	3~23	7,987	1,460	1,432	Welfare	1998
13	1/1	3/3	1/1	-	100	3~23	4,689	193	92	Welfare	1990
14	-	1/1	-	-	100	17	81	117	0	Etc	1990
15	-	1/1	-	-	100	17	81	117	0	Etc	1990
16	13/14	1/1	1/1	0/1	88	3~23	1,948	1,521	1,520	Business	1983
17	9/11	-	-	-	82	3	756	507	507	Business	2002
18	9/10	-	-	-	90	3	655	548	548	Business	1983
19	0/12	-	1/1	-	8	23	2,199	1	0	Business	2006
20	4/5	-	-	-	80	3	360	129	129	Welfare	1988
21	2/2	1/1	1/1	0/1	80	3~23	2,586	113	45	Welfare	1995
22	6/7	-	-	-	86	3	609	385	385	Business	1988
23	6/6	-	-	-	100	3	718	651	651	Business	2004
24	10/10	-	-	-	100	3	817	660	660	Business	1992
25	0/1	-	-	-	0	0	964	0	0	Etc	2008
26	15/19	-	1/1	-	80	3~23	3,677	1,437	1,436	Business	1995
27	6/20	-	-	-	30	3	6,882	955	955	Business	1982
28	7/10	-	-	-	70	3	898	439	439	Business	1988
29	4/4	-	-	-	100	3	516	130	130	Business	1994
30	7/8	-	-	-	88	3	706	443	443	Business	1992
31	0/6	-	-	-	0	0	968	0	0	Business	2008
32	18/21	-	-	-	86	3	1,002	802	802	Business	1985
33	0/11	-	1/1	-	8	23	1,179	1	0	Business	1993
34	10/10	-	-	-	100	3	578	453	453	Business	1990
35	0/7	-	1/1	-	13	23	1,204	1	0	Welfare	2004
36	0/7	-	-	-	0	0	775	0	0	Welfare	2006
37	10/10	1/1	1/1	-	100	3~23	1,039	888	767	Welfare	1995
38	10/13	1/1	1/1	-	80	3~23	2,114	1,376	1,342	Welfare	1995
39	0/1	-	-	-	0	0	36	0	0	Welfare	1990
40	0/6	-	-	-	0	0	2,760	0	0	Etc	2000
41	0/1	-	-	-	0	0	782	0	0	Etc	2006
Total	237/335 (85.2%)	26/26 (100%)	15/15 (100%)	0/5 (0%)	73.0%		73,512	25,288	23,775		

\* : Detection No. / Total samples, † : Asbestos containing materials

**Table 3.** Asbestos detection rate in asbestos bulk sample at public buildings

No. of public building	Asbestos detection rate		Sum of asbestos materials area	
	Detection No. (%)	Non-detection No. (%)	More than 50 m <sup>2</sup> No. (%)	Less than 50 m <sup>2</sup> No. (%)
41	35 (85.4)	6 (14.6)	31 (88.6)	4 (11.4)

**Table 4.** Result of asbestos risk assessment grade by type of construction materials (unit : score)

Type of construction materials	No.	Mean±SD	Range	Grade	p-value
Ceiling tile	237	11.0±0.4	6~11	Low	0.001
Hard wallboard	26	10.6±1.4	6~11	Low	
Gasket	15	6.7±1.8	6~11	Low	
Total	278	10.7±1.2	6~11	Low	

**Table 5.** Result of asbestos risk assessment score by type of construction year (unit : score)

Construction year	No.	Mean±SD	Linearity p-value
1980s	84	10.9±0.6	0.029
1990s	154	10.7±1.2	
2000s	40	10.4±1.7	
Total	278	10.7±1.2	

### 3. 석면함유 건축자재의 위해성 평가 점수

석면함유 건축자재의 위해성 평가 점수를 Table 4에 나타냈다. 세 가지 건축자재 모두 “낮음” 등급으로 나타났고, 천장재는 평균 11.0점, 칸막이는 10.6점으로 개스킷의 6.7점보다 유의하게 높은 위해성 평가 점수를 나타내었다( $p<0.001$ ).

건축연도별로 석면함유 건축자재의 평균 위해성 평가 점수를 Table 5에 나타냈다. 2000년대는 10.38점, 1990년대는 10.67점, 1980년대는 10.87점으로 건축연도가 오래된 석면함유 건축자재의 위해성 평가 점수가 통계학적으로 유의하게 높아지는 경향을 보였다( $p<0.05$ ).

### 4. 건축물 용도에 따른 건축자재의 석면 검출률과 석면 함유 자재의 면적 비율

건축물 용도에 따른 건축자재의 석면 검출률과 석면 함유 자재의 면적 비율을 Table 6에 나타내었다. 업무시설 건축물의 시료 중 200개가 석면함유 건축자재이었고 석면 검출률은 75.8%이었다. 복지시설 건축물의 석면함유 건축자재는 46개(74.2%), 기타시설(판매시설, 관람시설, 쓰레기처리장)에서는 32개(58.2%)로 석면 검출률이 유의한 차이를 나타냈다( $p<0.05$ ).

건축물 용도에 따른 건축물 전체 평균 연면적 중 석면함유 건축자재의 평균 면적의 비율은 Table 7에 나타내었다. 업무시설 건축물에 사용된 석면함유 건

**Table 6.** Detection rate of asbestos containing materials by building uses

Building uses	No.	Asbestos		p-value
		Detection	Detection rate(%)	
Business facility	264	200	75.8	0.028
Welfare facilities	62	46	74.2	
Etc facility*	55	32	58.2	
Total	381	278	73.0	

\* : sales facility, observation institution, garbage dump

**Table 7.** Rate of detection area of asbestos containing materials by building uses

Building uses	No.	Total area (Mean±SD, m <sup>2</sup> )	ACM† area (Mean±SD, m <sup>2</sup> )	ACM† area /Total area (Mean±SD, %)	p-value
Business facility	23	1399.8±1204.8	721.9±729.3	52.5±29.9	0.011
Welfare facilities	11	2230.2±2527.1	399.7±561.2	17.7±27.6	
Etc facility*	7	2397.6±2131.4	612.3±826.7	28.5±39.6	
Total	41	1793.0±1811.6	616.7±702.2	39.0±34.2	

\* : sales facility, observation institution, garbage dump

† : Asbestos containing materials

**Table 8.** Detection rate of presumed asbestos containing materials by construction year

Construction year	No.	Asbestos		p-value
		Detection	Detection rate (%)	
1980s	113	84	74.3	0.001
1990s	182	154	84.6	
2000s	86	40	46.5	
Total	381	278	73.0	

**Table 9.** Rate of detection area of asbestos containing materials by construction year

Construction year	No.	Total area (Mean±SD, m <sup>2</sup> )	ACM* area (Mean±SD, m <sup>2</sup> )	ACM* area /Total area (Mean±SD, %)	Linearity p-value
1980s	8	2112.7±2356.6	967.4±910.8	57.6±24.2	p<0.01
1990s	21	1660.3±1882.6	661.6±599.6	44.1±33.9	
2000s	12	1812.1±1359.1	304.4±641.7	17.8±31.4	
Total	41	1793.0±1811.6	616.7±702.2	39.0±34.1	

\* : Asbestos containing materials

축자재의 면적의 비율은 평균 52.5%(721.9 m<sup>2</sup>)로 가장 높았으며, 기타시설은 평균 28.5%(612.3 m<sup>2</sup>), 복지시설은 평균 17.7%(399.7 m<sup>2</sup>)로 건축물 용도에 따른 석면함유 건축자재의 평균 비율은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

**5. 건축연도에 따른 건축자재의 석면 검출률과 석면 함유 자재의 면적 비율**

건축연도에 따른 건축자재의 석면 검출률과 석면 함유 자재의 면적 비율을 Table 8에 나타내었다. 1980년대 건축물은 84개(74.3%), 1990년대는 154개(84.6%), 2000년대는 40개(46.5%)로 1990년대 건축물에 사용된 자재에서 석면이 가장 많이 검출되었고, 건축연도에 따른 석면함유 건축자재의 분포는 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.001).

건축연도에 따른 석면함유 건축자재의 평균 면적

과 비율은 Table 9에 나타내었다. 1980년대의 석면함유 건축자재의 평균 면적은 967.4 m<sup>2</sup>로 건축물 연면적의 57.6%를 차지하였고, 1990년대는 44.1%(661.6 m<sup>2</sup>), 2000년대는 17.8%(304.4 m<sup>2</sup>)로 건축연도가 오래된 것일수록 건축물 연면적에서 석면함유 건축자재 부분의 면적이 차지하는 비율이 유의하게 높아지는 것으로 나타났다(p<0.05).

**IV. 고 찰**

본 연구에서 충남지역에 위치한 41개소의 공공건축물에서 1% 이상의 석면이 함유된 건축자재를 사용한 건축물은 35개소인 85.4%로 나타났다. Jang et al.(2014)은 경상북도 A, B 지방자치단체의 공공건축물 중 석면의 검출률은 각각 46.7%, 69.2%로 보고하여 본 조사에서 더 높은 석면 검출률을 나타내었지

만 이는 조사자의 석면의심 건축자재를 파악하는 능력이나 건축물의 설치연도 등의 차이에 기인할 수 있으므로 직접적인 비교는 큰 의미가 없다.

본 연구 결과에서 석면함유 건축자재 중 천장재가 85.2%로 가장 많았고, 이와 마찬가지로 Jeong et al. (2012)의 연구에서도 공공건물의 석면함유 건축자재 중 천장재인 텍스타일이 68.4%로 높은 비율을 차지하는 것으로 조사되었다. 국내에서 가장 많이 사용된 건축자재인 슬레이트는 두 연구에서 모두 관찰되지 않았고, 이는 공공건물의 특성상 사용이 적은 것으로 여겨진다. 또한 본 연구에서 바닥재와 표면물질 중 하나인 뽀칠재의 시료에서는 석면이 검출되지 않았는데, Choi et al. (2011)의 연구에서도 뽀칠재의 고품시료 중 3.4%에서만 석면이 검출된 것으로 보아 건축물에 석면이 함유된 뽀칠재의 사용이 적은 것을 알 수 있었다.

단열재인 개스킷은 석면의 함유량은 높지만 지하실에 있는 배관 사이에 위치하고 있어 인체 노출이 적기 때문에 위해성 평가 점수가 6.67점으로 낮게 나타났다. 천장재의 위해성 평가 점수는 평균 10.95점으로 “낮음” 등급의 평가를 받았지만 특성상 사무실 공간에 많이 사용되어 많은 인원이 상주해 있고, 상주인원이 머무르는 시간이 길고, 일반 대중들의 출입도 잦아 인체노출의 가능성이 있기 때문에 석면의 함유량(3~5%)은 적지만 다른 석면함유 건축자재에 비해 통계학적으로 유의하게 높은 점수로 조사되었다. Jeong et al. (2014)의 연구에서도 유치원에 사용된 모든 자재의 위해성 평가 점수는 “낮음” 등급으로 나왔고, 천장재인 텍스타일의 경우 다른 석면함유 건축자재에 비하여 높은 점수로 조사되어 본 연구와 비슷한 경향이 나타났다.

공공건물 중 복지시설과 기타시설의 용도로 사용되는 건축물의 석면함유 건축자재의 평균 면적은 각각 전체 연면적의 17.7%, 28.5%를 차지하였으나 업무시설 건축물의 석면함유 건축자재의 평균 면적 비율은 52.5%로 유의하게 높았는데 이는 업무시설은 주로 사무실로 이루어져 있어 석면이 함유된 천장재가 많이 사용되었고, 건축연도도 오래되었기 때문으로 생각된다.

건축연도에 따른 석면함유 의심자재의 석면 검출률은 2000년대는 46.5%로 가장 낮았고, 1990년대에는 84.6%로 통계학적으로 유의하게 높은 검출률을

보였다. 마찬가지로 건축연도별 전체 면적에서 석면함유 건축자재가 사용된 평균 면적이 차지하는 비율은 1980년대엔 57.6%, 1990년대 44.1%, 2000년대에는 17.8%로 건축연도가 오래될수록 석면함유 건축자재의 평균 면적 비율이 유의하게 높아지는 것을 알 수 있었다. Jeong et al. (2013)의 연구에서도 본 연구에서와 같이 노후된 건축물의 경우 석면 검출 비율이 유의하게 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 1997년 산업안전보건법 시행령을 개정하면서 제조 등 금지 유해물질에 석면을 추가하였고, 석면이 0.1% 이상 함유된 건축자재 등의 제조·수입·양도·제공·사용을 전면 금지하였기 때문에 그 영향으로 2000년대에 들어서는 석면함유 자재 사용이 줄어든 것으로 여겨진다.

또한 건축연도별 석면함유 건축자재의 평균 위해성 평가 점수는 2000년대는 10.38점, 1990년대는 10.67점, 1980년대는 10.87점으로 건축연도가 오래될수록 유의하게 높아지는 경향이 나타나 건축연도가 오래된 공공건물이 존재하고 있는 현실에서는 공공장소에 출입하는 사람들의 안전에 문제가 될 수 있고, 본 연구에서 조사한 공공건물의 위험성이 10~11점으로 낮은 등급(11점 이하)이기는 하지만 그 점수의 상위부분에 대부분 포함되므로 세심한 안전관리가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결 론

공공건축물의 건축연도, 건축자재, 건축물 용도에 따른 석면함유 건축자재의 분포 특성, 위해성 평가, 석면함유 건축자재의 면적 분포를 조사하여 공공건축물의 안전한 관리에 기초자료로 활용코자 2014년 3월부터 5월까지 충남지역에 위치한 석면조사 대상 공공건축물 중 41개소를 대상으로 하여 석면조사 기관에서 조사를 하였다. 석면함유 의심자재 총 381개에 대하여 석면함유 유무, 석면종류 및 함유량과 건축연도 및 용도 조사, 위해성 평가를 시행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

석면이 함유된 건축자재를 사용한 건축물은 35개(85.4%)이었고, 그 중 석면건축물에 해당되는 공공건축물은 31개(88.6%)이었다. 석면함유 의심자재 381개 시료 중 73%의 시료에서 석면이 검출되었고, 그

중 대부분이 천장재로 85.2%, 칸막이는 9.4%, 개스킷은 5.4%였다.

석면이 함유된 건축자재의 위해성 평가 결과 모두 “낮음” 등급으로 나타났고, 천장재와 칸막이의 위해성 평가 점수가 개스킷에 비해 유의하게 높았고, 건축연도가 오래될수록 위해성 평가 점수가 유의하게 높아지는 경향을 보였다.

업무시설 건축물에서 석면함유 건축자재 면적이 전체 연면적에서 차지하는 평균비율이 52.5%로 기타 시설의 평균 28.5%와 복지시설의 평균 17.7%보다 통계적으로 유의하게 높았다.

석면함유 건축자재의 평균 면적의 비율은 1980년대 건축물에서는 57.6%, 1990년대 건축물에서는 44.1%, 2000년대 건축물에서는 17.8%로 건축연도가 오래될수록 유의하게 높아지는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 볼 때 건축연도가 오래됨에 따라 위해성 평가 점수와 건축물의 전체 연면적에서 석면함유 건축자재가 차지하는 비율이 유의하게 높아져 석면함유 건축자재의 노후화에 따른 재실자 및 민원인들의 석면노출이 염려되므로 건축연도가 오래된 공공건축물의 안전한 관리와 석면함유 건축자재의 해체 및 제거 대책이 시급히 마련되어야 할 것이다.

### References

Choi HC, An SH, Hong JY, Jun BH, Lee YP, Park JI. A study on types and contents of asbestos in bulk samples. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2011;21(4):201-208

DCOMM. Asbestos in the workplace : a difficult legacy. World Work 2004;50:19-20

Ham SH, Hwang SH, Yoon CS, Park DU. Review on asbestos analysis. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2009;19(3):213-232

Hwang JY, Lee HM, Oh JH, Park GN. Asbestos determination of some domestic building-materials using X-ray diffraction. J Miner Soc Korea 2011; 24(2):119-131

Jang BK, Ryu JY, Tak HW, Song SJ, Lee JW, Lee GH, Choi JH. Asbestos concentrations of ambient air and drained rainwater from slate roofing by construction year and the roof area. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2013;23(3):196-204

Jang HS, Lee TH, Kim JH. Asbestos management plan according to the investigation on the actual conditions

of asbestos in public buildings. Korean Soc Environ Admin 2014;20(1):27-34

Jeong CH. An investigation of asbestos distribution on bulk samples according to building types in Chungbuk area. J Odor Indoor Environ 2012; 3(3):299-313

Jeong IS, Choi SH, Byeon GY, Jeong SO, Son JM, Nguyen Ngoc Han, Park HJ. A study on the characteristics of asbestos in buildings in large cities. Korean Environ Sci Soc 2013;22:763-765

Jeong JS, Lee BH, Song HS, Kim DH, Jeong HS, Kim SM, Lee OS, Choi SH. A study of the distribution of asbestos containing materials some kindergarten facilities. J Odor Indoor Environ 2014;13(3):175-182

Jeong JW, Kim MK, Kim KS. Asbestos exposure and health risk assessment in asbestos-containing public buildings. The Annual Report of Busan Metropolitan city Institute of Health & Environment 2011;20(1): 149-162

Jeong YH, Han JH, Sung JH, Song GS, Lim GT, You IJ. Investigation of asbestos and MMMF containing construction material in Korean buildings. J Odor Indoor Environ 2005;1(2):156-165

Kang DM. Health effects of environmental asbestos exposure. J Environ Health Sci 2009;35(2):71-77

Kim HW. Domestic use of chrysotile Survey Report. Ministry of Environment. 2006

Kim HW, Park GY, Han JK, Han YS, Hwang BG, Lee JH. Releasing of asbestos fibers from the weathered asbestos cement slate roofing. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2010;20(2):88-93

Lee JH, Lee SH, Kim JY, Kim JH, Jeong SY, Kim JA, Kim ES, Jeong K, Lee JS, Gu JY. A study on characteristics of airborne asbestos concentrations at demolition sites and surrounding areas of asbestos containing buildings in Seoul. Korean Soc Environ Eng 2014;36(6):434-441

MoE(Ministry of Environment). Asbestos management statistics; 2009. p. 25

MoE(Ministry of Environment). Risk assessment in asbestos-containing buildings. MoE Public Notice No. 2012-81. 2012

MoE(Ministry of Environment). Asbestos safety management act. 2014

MoEL(Ministry of Employment and Labor). Occupation safety and health acts. 2014.

MoEL(Ministry of Employment and Labor). The prohibition of asbestos-containing materials in manufacturing, importation, transfer, provision or using. MoEL, Public Notice No. 2015-18. 2015a

MoEL(Ministry of Employment and Labor). Monitoring

- and risk assessment of asbestos. MoEL, Public Notice No. 2015-19. 2015b
- Oh HJ, Nam IS, Distribution of asbestos and comparative analysis for rating scales of risk assessment methods in school buildings, Seoul. *J Odor Indoor Environ* 2014;13(2):124-131
- Roh YM, Park HM, Lee CM, Kim YS, Lee SY, Suk MH, Jung CH. The Characteristics of Asbestos Distribution in Some Public an School Buildings. *J Odor Indoor Environ* 2007;4(3):184-193
- Shin JH, Oh SR, Hwang SY, Chung SN, Kim JH, Nam EJ, et al. The asbestos containing material experimental survey and health risk assessment in primary school buildings, Seoul. Report of Seoul Research Institute of Health and Environment 2011;47:158-167
- U.S. EPA(Environmental Pollution Agency). Asbestos hazard emergency response act 40 CFR part 763 Appendix A to Subpart E. U.S. Environmental Protection Agency, 1987. p. 781-815
- Virta R. Worldwide asbestos supply and consumption trends from 1900 through 2003. U.S. Geological Survey Circular 1298, 2006
- Wagner JC, Sleggs CA, Marchand P. Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the North Western Cape province. *British Journal of Industrial Medicine* 1960;17(4):260-271