

## 국내 석면 고형시료 중 석면의 종류 및 함유량에 관한 연구 A Study on Types and Contents of Asbestos in Bulk Samples

최호춘\* · 안선희 · 홍좌령 · 전봉환 · 이용필 · 박정일<sup>1)</sup>

Ho-Chun Choi\* · Sun-Hee Ahn, Jwa-Ryung Hong · Bong-Hwan Jeon · Young-Pil Lee · Chung-Yill Park<sup>1)</sup>

대한산업보건협회 산업보건환경연구원, <sup>1)</sup>가톨릭대학교 산업의학센터

Korean Industrial Health Association, Institute of Occupational and Environmental Health,

Catholic Industrial Medical Center, <sup>1)</sup>The Catholic University of Korea

### ABSTRACT

**Objectives:** According to the compliance of the asbestos-related regulation, every building has to be inspected for asbestos presence before its abatement work. This study was performed for identifying the types and contents of asbestos in building bulk samples.

**Materials and Methods:** Bulk samples were collected during the asbestos inspection in 2010. We grouped the bulk samples into the regulated asbestos containing materials(RACM), presumed asbestos containing materials(PACM), and construction products. Additionally, the types of asbestos in all bulk samples were identified by polarization microscopy(PLM).

**Results:** The RACMs were from building, house, pipe and facility. The RACMs were found mainly building (72.1%) and house (93.7%). The contents of chrysotile in building, house and facility were 66.9% (1-90%), 89.7% (2-90%) and 11.0% (2-90%), respectively. PACMs were surfacing material, thermal system insulation (TSI), and miscellaneous material. The miscellaneous materials that showed a high detection rate (79.2%) were ceiling, roofing and wall materials. Among them, the roofing materials had high chrysotile content(9.7%, 2-21%), followed by wall (8.7%, 2-21%) and ceiling (3.4%, 1-17%). In the construction products, asbestos was found mainly in slate (92.6%, 2-21%), including chrysotile. The slate had high asbestos content (9.7%, 2-21%), followed by cement flat board (8.7%, 2-19%) and textile (3.4%, 1-17%)

**Conclusions:** Utilizing these results, it would be contributed to construct a useful ACM database and prevent from asbestos exposure to workers in the asbestos abatement and maintenance works..

**Key words :** Asbestos, Chrysotile, Amosite, Crocidolite, Asbestos containing materials

## I. 서 론

석면은 자연계에 존재하는 6종의 섬유상의 광물질로 내구성, 내열성, 내화학적, 전기 절연성의 우수한 물리 화학적 특성으로 건축자재 및 여러 용도로 널리 사용되고 있다. 하지만 석면이 호흡기를 통해 인체에 흡수되면 대략 15~30년의 잠복기를 거쳐 석면폐, 폐암, 악성 중피종 등의 심각한 질병을 유발하기 때문에 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(International agency for research cancer, IARC)에서는 석면을 1급 발암물질로 지정하였다.

우리나라는 1990년 7월 산업안전보건법 산업보건기

준에 관한 규칙 제정 시 석면을 특정화학 물질 1류로 분류하여 석면사용의 규제를 강화해오고 있으며(고용노동부, 1990), 2009년 1월 1일부터 산업안전보건법에 의해 석면이 0.1% 이상 함유된 건축자재 등 석면 함유 제품은 제조, 수입, 사용을 금지하였다(고용노동부, 2009). 고용노동부의 산업안전보건법 외 환경부의 다중이용시설의 실내 공기질 법, 폐기물법, 건설교통부의 건축법 등에서도 석면의 사용 및 제조를 엄격히 규제하고 있다.

우리나라에서 석면은 시멘트 제품, 마찰재, 조인트 시트, 방직제품 등에 함유되었으며, 주로 건축자재의 원료로 많이 사용되었다. 1978년부터 1983년까지 연간 10,000톤 이상을 생산하였으나 광맥의 빈약과 인건비 상승으로 수입에 의존해 왔으며, 수입된 석면은 1970년대에 약 96%가 건축자재인 슬레이트에 사용되었고, 1990년대에는 슬레이트와 보온 단열제인 건축내장재, 천정판, 석면판 등에 약 82%를 사용되었다(최정근 등, 1998). 그 외 자동차 부품에 11%, 석면 섬유 제품 5%, 기타 2%에 사용되었다

\*Corresponding author: Ho-Chun Choi  
서울 금천구 가산동 대한산업보건협회  
산업보건환경연구원 중앙분석실  
Tel: 02-863-9322, Fax: 02-863-9320  
E-mail: jrhone@kiha21.or.kr

Received: 2011. 9. 2., Revised: 2011. 11. 4.

Accepted: 2011. 12. 22.

(장재길, 2007). 특히 1970~1980년대에는 석면의 유해성에 대해 잘 알려지지 않아 석면 사용량이 급증하였으며, 백석면의 경우 특별한 규제가 없어 건축자재 등에 약 80% 이상이 사용된 것으로 보고되었다(백남원, 1994).

최근 재개발, 재건축 지역의 석면피해, 자연 발생 석면, 탈크 등 새로운 석면 발생원 등에 대한 관리 문제가 지속적으로 제기되고 있으며, 환경부와 정부 관계부처 합동으로 슬레이트 관리대책의 일환으로 노후화 된 슬레이트 처리의 시범사업이 진행 중에 있다(환경부, 2009). 더불어 2009년 8월 7일 이후 건축물의 해체 시 사전에 석면조사를 지정받은 기관을 통한 석면의 공기 중 농도 측정 등의 무화하는 법(산업안전보건법 제 38조)을 시행하여 건축물의 해체·제거 및 리모델링시에 발생할 수 있는 석면 노출을 방지하고자 하였다. 이후 국내에는 석면해체·제거업체와 석면조사기관이 급속히 증가하여 2011년 현재 약 200 여 개의 기관이 석면조사기관으로 지정되어 활발한 석면 조사 분석 사업이 진행 중에 있다(한국산업안전보건공단, 2011). 하지만 많은 사업량에 비해 건축자재나 설비 종류에 따른 석면의 특성 및 함유량 등에 대한 기초적인 자료가 부족하여 국내 석면 해체·제거 작업장에서 채취한 고형 시료 중 석면의 종류와 함유량에 대한 체계적인 데이터베이스가 구축되지 못했다. 또한 석면에 관련된 국내 연구는 주로 석면의 유해성, 직업상 및 환경적 측면에서의 공기 중 석면 노출실태 조사나 분석 방법에 관한 연구 등에 국한되었다.

따라서 본 연구에서는 2009년 이후 석면조사기관으로 지정된 일부 기관들의 석면 조사보고서를 통해 국내 건축물 등의 해체, 철거 현장에서 발생하는 다양한 종류의 고형 시료 중에 함유된 석면의 종류와 함유량에 대한 자료를 수집하여 고찰하였다. 이를 바탕으로 통계자료를 구축하여 건축자재나 설비 종류에 따른 석면 분포특성에 관한 기초 자료를 마련하고자 한다. 또한 각 지역별로 수집한 보고서의 내용을 바탕으로 한 석면 함유 여부와 구성 성분에 관한 분석 결과는 건축물 해체 및 수리 작업에 종사하는 근로자의 건강보호를 위한 자료로 활용될 것으로 판단된다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구를 위해 전국에 분포된 석면조사기관 중 지역별로 8개 기관을 대상으로 석면조사보고서를 수집하였

**Table 1.** Classification and Number of Samples by Subjects

Type	N (%)
Building	4,445 (74.2%)
House	1,154 (19.3%)
Pipe	15 (0.3%)
Facility	374 (6.2%)
Total	5,988 (100.0%)

함유된 석면의 종류 및 함유량에 대해 조사하였다. 수집된 으며, 보고서 자료를 근거로 건축물에 따른 석면 함유 여부, 고형시료 수는 총 5,988건이었으며, 2010년 1월부터 12월까지 진행된 석면조사보고서를 참고하였다. 지역별로 수집한 고형시료의 수는 수도권 2,541건, 강원도 132건, 충청도 848건, 전라도 376건, 경상도 2,091건 이었다.

### 2. 자료의 구분 및 분류

#### 1) 조사대상별 분류

석면조사 대상에 관한 산업안전보건법 시행령 제 30조3 “대통령령으로 정하는 일정 규모 이상의 건축물이나 설비”의 기준에 따라 연구 대상을 건축물, 주택 및 부속건물, 파이프, 설비로 4가지 종류로 구분하였다. 파이프는 길이의 합이 80m이상이면서, 그 파이프의 철거·해체 부분의 보온재로 사용된 길이 합이 80m이상인 경우에 파이프로 분류하였고, 총 5,988건의 고형시료에 대해 자료를 수집, 정리하였다.

#### 2) 석면 함유 의심 자재별 형태에 따른 분류

석면조사 대상은 석면 함유 의심 자재(Presumed Asbestos-containing Material, PACM)의 형태와 기능에 따라 크게 3가지로 구분되는데 본 연구에서는 표면재(Surfacing Material), 단열재(Thermal System Insulation, TSI), 기타 자재(Miscellaneous Material)로 구분하고 천장재, 지붕재, 벽재, 마감재, 바닥재, 개스킷 등은 기타 자재로 분류하였다.

**Table 2.** Classification and Number of Samples by Presumed Asbestos-containing Materials(PACM)

Type	N (%)
Surfacing Material	149 (2.5%)
thermal System Insulation	433 (7.2%)
Miscellaneous Material	5,406 (90.3%)
Total	5,988 (100.0%)

**Table 3.** Classification and Number of Samples by Architecture Materials

Type of Architecture Material	N (%)
Slate	1,600 (33.0%)
Textile	2,600 (53.7%)
Cement Flat Board	643 (13.3%)
Total	4,843 (100.0%)

#### 3) 건축자재 종류별 분류

건축물 해체 및 제거시 석면 조사에 가장 많이 채취되는 대표적인 건축자재에 대한 석면의 유형에 따라 자료를 구분하였다. 석면조사 보고서에서 지붕재로 많이 사용된 슬레이트(Slate)와 실내 건축자재에 많이 사용된 천장재인 텍스타일(Textile), 밤라이트(Cement Flat Board)를 세 종류로 분류하고 석면의 검출 여부 및 검출된 석면의 종류와 함유량에 대해 조사하였다.

**Table 4. Classification and Number of Samples by Research Subjects**

Type	N	Asbestos		Detection rate(%)
		Detection	Non-detection	
Building	4,445	3,204	1,241	72.1
House	1,154	1,081	73	93.7
Pipe	15	0	15	0
Facility	374	41	333	11.0
Total	5,988	4,326	1,662	72.2

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 석면조사대상 분류에 따른 석면의 종류 및 함유량

##### 1) 석면 검출 여부

산업안전보건법 시행령 제 30조3에 의해 조사 대상을 4가지로 분류한 건축물, 주택 및 부속건물, 파이프, 설비의 고형시료 개수는 총 5,988건(건축물 4,445건, 주택 및 부속건물 1,154건, 파이프 15건, 설비 374건)이었다. Table 4 에는 고형 시료 중에서 중량 1%를 초과하여 검출되는 석면 시료의 건수 및 검출률을 나타내었다.

건축물에서 채취한 고형시료 4,445개 중 석면이 검출된 시료는 72.1%(3,204건)이었고, 주택 및 부속건물은 총 1,154개의 시료 중 1,081건의 시료에서 석면이 검출되어 93.7%의 석면 검출률을 나타내었다. 파이프에서 채취한 시료에서는 석면이 검출되지 않았으며, 설비에서 채취한 고형시료의 11.0%(41건)가 석면이 함유되어 있었다.

석면조사대상별 분류에서는 주로 건축물이나 주택의 고형 시료에서 석면이 검출되었으며, 건축자재로 사용되는 배관이나 가정용 절연제품, 내화벽, 단열패드, 보일러 단열재 마감재 타일 등에 석면이 함유되어 있는 것으로 조사되었다.

##### 2) 검출된 석면의 종류 및 함유량

Table 5는 석면 종류 별 석면 조사 분류에 따른 평균 함

유율 및 범위를 나타낸 것이다. 건축물에서 채취한 고형 시료 중 72.1%가 석면이 함유되어 있었고, 백석면, 갈석면, 청석면이 검출되었다. 그 중 백석면이 함유된 시료가 2,974건(함유량 4.8%, 범위 1~90%)으로 가장 많았고, 백석면과 갈석면이 혼합되어 있는 형태가 220건(함유량 백석면 6.1%, 갈석면 2.1%), 청석면은 7건(함유량 13.2%, 범위 4~24%)이 검출되었다. 건축물의 고형시료에서 검출된 청석면은 주로 텍스나 단열재에 포함되어있는 것으로 조사되었다. 그 외 12건의 건축물 고형시료 중 백석면과 트레모라이트(1% 미만)가 혼합된 형태도 검출되었다.

주택 및 부속건물의 고형시료 중 93.7%의 시료에서 석면이 검출되었고, 백석면, 백석면과 갈석면이 혼합된 형태로 조사되었다. 백석면은 1035건(89.7%)의 시료에서 석면이 검출되었고, 함유량은 9.2%, 범위는 2~90%로 나타났다. 백석면과 갈석면이 혼합된 형태에서는 4.0%의 시료에서 석면이 검출되었고, 백석면의 함유량이 8.8%(범위 3~22%), 갈석면의 함유량은 2.1%(범위 미량~4%)로 조사되었다.

파이프는 석면조사기관에 의한 석면조사대상의 규칙(제 30조의 3, 규칙 제 80조의 2)에 따라 길이의 합이 80 m 이상인 것만 파이프로, 80 m 이하의 것은 단열재로 분류하였으며, 조사 대상인 15건의 고형 시료 중에는 석면이 검출되지 않았다. 설비 고형 시료 중에는 석면 마찰재, 석면 조인트 시트, 석면 방직제품 등이 포함되어 있었으며, 11.0%의 시료에서 백석면이 검출(함유량 33.9%, 범위 2~90%)되었고, 그 외의 석면은 검출되지 않았다.

#### 2. 석면 함유 의심 자재별 석면의 종류 및 함유량

##### 1) 석면 함유 의심 자재별 형태에 따른 석면 검출 여부

석면 함유 의심 자재 중 조사한 표면제의 고형 시료 중 석면 검출률은 3.4%, 단열재는 8.3%, 기타자재는 79.2%로 조사되었다. 기타자재로는 천장재, 지붕재, 벽재, 마감재,

**Table 5. Types of Asbestos and Contents in Bulk Samples**

Classification	No. of sample	Asbestos content (%)					
		Chrysotile	Amosite	Chrysotile & Amosite		Crocidolite	
				Chrysotile	Amosite		
Building	4,445	N*	2974(66.9%)		220(4.9%)	7(0.2%)	
		GM(GSD)	4.8(1.983)	0	6.1(1.469)	2.1(1.363)	13.2(2.273)
		Range	1-90		2-17	1-6	4-24
House	1,154	N*	1035(89.7%)		46(4.0%)		
		GM(GSD)	9.2(1.499)	0	8.8(1.623)	2.1(1.401)	0
		Range	2-90		3-22	trace-4	
Pipe	15	N*					
		GM(GSD)	0	0	0	0	0
		Range					
Facility	374	N*	41(11.0%)				
		GM(GSD)	33.9(2.957)	0	0	0	0
		Range	2-90				
Total	5,988		4,050	0	266	7	

N\* : Number of detected asbestos

**Table 6.** Presumed Asbestos-containing Materials

Type	No. of samples	Asbestos		Detection rate(%)
		Detection	Non-detection	
Surfacing Material	149	5	144	3.4
Thermal system Insulation	433	36	397	8.3
Miscellaneous Material	5,406	4,282	1,124	79.2
Total	5,988	4,323	1,665	-

바닥재, 개스킷 등이 포함되었다. Table 6은 석면 함유 의심 자재별 형태에 따른 석면의 검출 여부를 나타낸 것이다.

2) 석면 함유 의심 자재별 형태에 따른 석면 종류 및 함유량

석면함유 의심자재 중 표면재, 단열재, 기타자재로 나눈 석면 함유 의심 자재 3 종류를 세분화하여 9 종류의 자재로 나누고 자재 종류별 고형시료의 석면 검출 빈도와 검출되는 석면의 종류 및 함유량 범위를 조사한 결과는 Table 7에 나타내었다.

표면재는 크게 뿔칠재나 내화피복제로 나뉘는데, 대표적으로 사용되고 있는 분무 뿔칠재의 경우 석면의 검출률은 낮았지만 청석면이 3.4%(함유율 21.3%, 범위 18~24%) 포함된 것으로 조사되었다. 청석면은 내화성 및 내산성이 매우 강하며, 분무하면 부피감이 있어 뿔칠용 석면으로 많이 사용되었다.

단열재로 사용되는 자재 중 단열재는 총 421건의 시료 중 36건(8.3%)의 시료에서 백석면이 검출되었으며, 백석면의 기하평균은 44.5%, 함유량 범위는 3~90%로 조사되었다. 파이프 단열재는 15건의 시료 중 석면이 검출된 시료는 없었다.

기타 자재 중 천장재, 지붕재, 벽재에서 백석면, 백석면과 갈석면이 혼합된 형태의 석면이 검출되었고, 바닥재, 가스켓과 석면포, 방수루핑재, 적치를 포함한 그 외 자재에서는 백석면만 검출되었다. 조사를 실시한 천장재 고형시료 2,678개 중 73.6%에서 백석면이 검출되었으며, 석면의 함유율은 1~17%이었다. 또한 백석면과 갈석면의 혼합 석면이 천장재 고형시료의 7.2%에서 석면이 함유되어 있었고, 백석면의 함유율은 2~17%, 갈석면은 미량~6%로 조사되었다. 2개의 천장재 고형 시료에서 청석면이 검출(함유량 4%)되었고, 모두 텍스타일에서 검출되었다.

슬레이트가 대부분인 지붕재는 1600개 시료 중 1481개 시료(92.6%)에서 백석면이 검출되었으며, 석면 함유량은 2~21%로 조사되었다. 백석면과 갈석면이 혼합된 형태의 석면은 지붕재 시료의 4.8%를 차지하였으며 백석면의 함유량은 4~22%, 갈석면은 1~5%를 나타내었다. 그 외 지붕재의 고형 시료 중에는 아스팔트 싱글이 포함되었고 석면은 검출되지 않았다.

벽재는 683개의 고형 시료 중 506개(74.1%)의 시료에서 백석면이 검출되었고, 백석면의 함유율은 2~19%의 범위였고, 백석면과 갈석면이 혼합된 형태의 석면은 3개(백석면 함유량 6~10%, 갈석면 함유량 1~2%)의 시료에서 검출되었다. 벽재의 고형시료 중에는 석고보드, 방음제도 포함되어 있었으나 석면은 검출되지 않았다.

바닥재는 373개의 시료에서 10개(2.7%)의 시료에서 석면이 검출되었고, 백석면이 2~12% 함유되어 있었다. 개스킷은 47개 중 34개의 시료에서 백석면이 검출되었고, 2~90%의 석면이 함유되었으며, 그 외의 자재(석면포, 방수루핑재, 적치 등)에서 백석면이 8~80%의 범위로 석면이 함유된 것으로 조사되었다. 3. 건축 자재 종류별 석면

**Table 7.** Asbestos types and concentrations by presumed asbestos-containing materials

Type	No. of samples	Chrysotile			Chrysotile & Amosite						Crocidolite		
		N*	GM(GSD)	Range	N*	Chrysotile		Amosite		N*	GM(GSD)	Range	
						GM(GSD)	Range	GM(GSD)	Range				
Surfacing Material	Spray Coat	149	0	-	-	0	-	-	-	-	5	21.3(1.122)	18-24
Thermal system Insulation	Insulation	421	36	44.5(2.394)	3-90	0	-	-	-	-	0	-	-
	Pipe lagging	15	0	-	-	0	-	-	-	-	0	-	-
Miscellaneous Materials	Ceiling material	2,678	1,971	3.4(1.605)	1-17	193	5.0(1.365)	2-17	2.2(1.435)	trace-6	2	4	4
	Roofing material	1,600	1,481	9.7(1.379)	2-21	77	10.5(1.351)	4-22	2.0(1.398)	1-5	0	-	-
	Wall material	683	506	8.7(1.506)	2-19	3	7.1(1.343)	6-10	1.6(1.492)	1-2	0	-	-
	Floor material	373	10	6.8(1.766)	2-12	0	-	-	-	-	0	-	-
	Gasket	47	34	23.9(2.447)	2-90	0	-	-	-	-	0	-	-
	Others	22	8	38.3(2.468)	8-80	0	-	-	-	-	0	-	-
Total		5,966	4,038	-	-	273	-	-	-	-	7	-	-

N\* : Number of detected samples

Unit : %

**Table 8.** Asbestos type and concentration classified by construction products

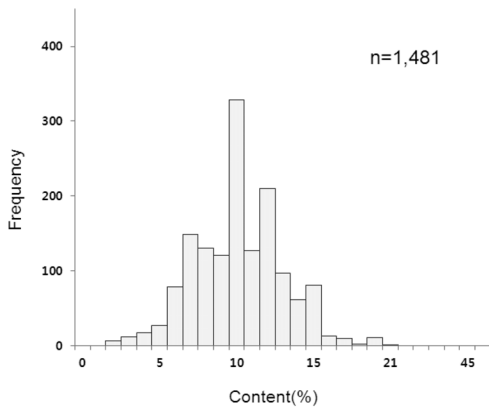
Variables	No. of samples	Type of asbestos	Number of detection	Asbestos content(%)	
				GM(GSD)	Range
Slate	1,600	Chrysotile	1,481	9.7(1.379)	2-21
		Chrysotile and Amosite <sup>3)</sup>	77	10.5(1.351) <sup>1)</sup> 2.0(1.398) <sup>2)</sup>	4-22 1-5
		Chrysotile	1,943	3.4(1.605)	1-17
Textile	2,604	Chrysotile and Amosite <sup>3)</sup>	174	5.2(1.292) <sup>1)</sup> 2.1(1.343) <sup>2)</sup>	2-17 1-6
		Crocidolite	2	4	4
		Chrysotile	471	8.7(1.510)	2-19
Cement flat board	643	Chrysotile and Amosite <sup>3)</sup>	3	7.1(1.343) <sup>1)</sup> 1.6(1.492) <sup>2)</sup>	6-10 1-2

<sup>1)</sup> Chrysotile

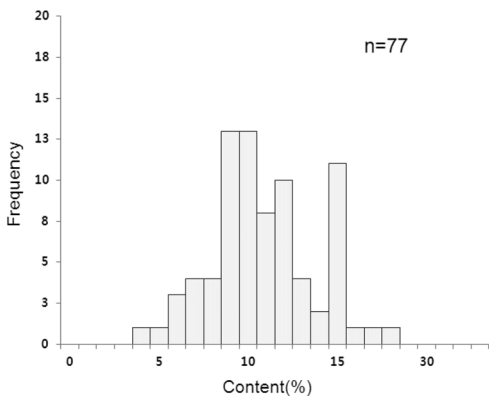
<sup>2)</sup> Amosite

<sup>3)</sup> Mixed with chrysotile and amosite

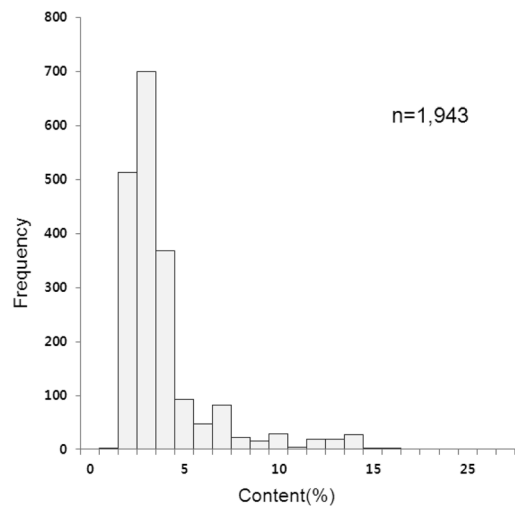
종류와 함유량 Table 8은 슬레이트, 텍스, 밤라이트에 함유된 석면의 종류와 함유량을 나타낸 것이다. 건축자재 중 슬레이트의 고형시료 1,600개 중 백석면이 검출된 시료는 1,481개로 92.6%의 검출률을 나타냈으며, 석면의 함유량은 9.7% (범위 2~21%)으로 조사되었다. 슬레이트 중 백석면과 갈석면이 혼합된 석면이 검출된 시료는 77건(4.8%)이었고, 석면의 함유량은 백석면이 4~22%, 갈석면이 1~5%로 조사되었다.



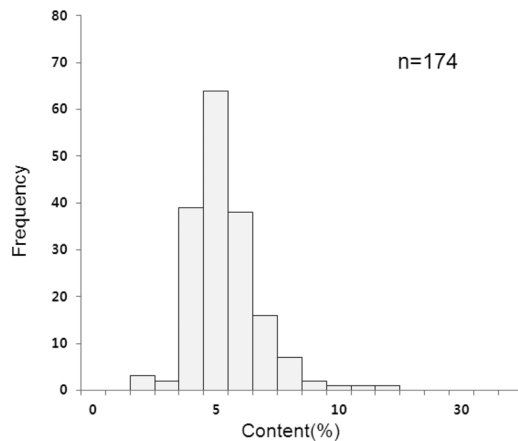
**Figure 1.** Frequency distribution of Chrysotile contents in Slate



**Figure 2.** Frequency distribution of Chrysotile & Amosite contents in Slate



**Figure 3.** Frequency distribution of Chrysotile contents in textile



**Figure 4.** Frequency distribution of Chrysotile & Amosite contents in textile

Figure 1은 슬레이트에 함유된 백석면의 분포도를 나타낸 것으로 고형 시료 중에 함유된 백석면의 함유량이 7~12% 범위에 포함되는 시료가 전체의 71.8%에 해당하였으며, 백석면과 갈석면이 혼합된 형태(Figure 2)에서도

9~12%의 범위 내에 석면이 포함되어 있는 시료가 전체 시료의 50%를 넘는 것으로 조사되었다. 천장재(일명 텍스)는 총 2,600개의 고형 시료 중 백석면이 검출된 시료는 1,943개(74.6%)였고, 석면 함유율이 3.4%(범위 1~17%)이었다. 텍스 시료 중 백석면과 갈석면이 혼합된 석면이 검출된 시료는 174건(6.7%)이며, 백석면의 함유량은 5.2%(범위 2~17%), 갈석면은 2.1%(범위 1~6%)의 함유량을 보였다. Figure 3은 백석면이 검출된 고형시료의 석면 함유 분포를 나타낸 것으로 2~4%의 석면이 함유된 시료가 전체의 81.3%였으며, 백석면과 갈석면이 혼합된 형태에서는 4~6%의 석면을 함유하는 시료가 전체의 대부분(81.0%)를 차지하였다(Figure 4).

텍스 중 청석면이 검출된 시료는 2건이며 석면의 함유량은 4%로 조사되었다. 밤라이트의 고형시료는 조사를 실시한 시료 643건 중 471건(73.3%)에서 백석면이 검출되었고, 백석면의 함유량은 8.7%(범위 2~19%)로 조사되었다. 백석면과 갈석면이 함께 있는 형태는 3건의 고형 시료에서 검출되었으며, 백석면은 7.1%(범위 6~10%), 갈석면은 1.6%(범위 1~2%)의 함유량을 나타내었다. 우리나라 건축자재별로 사용된 석면의 대부분이 백석면이 함유되어 있는 것으로 확인되었고, 그 외 백석면의 변성 온도를 높이기 위해 백석면과 갈석면이 혼합된 형태의 석면이 사용되었다. Figure 5는 밤라이트의 고형시료 중 백석면이 검출된 시료의 석면 함유 분포를 나타낸 것으로 전체 석면 검출 시료 중 백석면이 6~13% 함유되어 있는 시료가 전체의 82.4%를 차지하는 것으로 조사되었다.

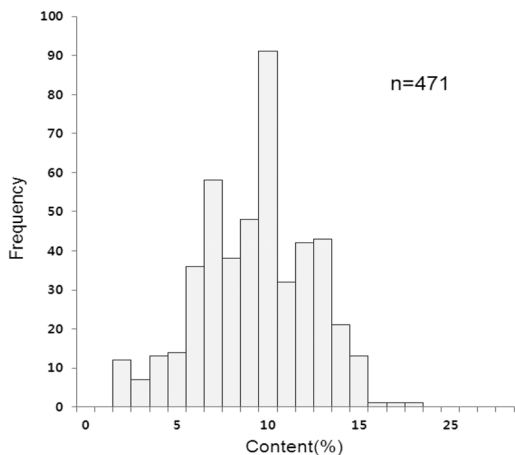


Figure 5. Frequency distribution of Chrysotile contents in Cement Flat Board

#### IV. 고찰

본 연구는 일부 석면조사기관들의 2010년도 석면 조사보고서를 통해 석면 국내 건축물 등 해체, 철거 현장에서 발생하는 다양한 고형 시료에서 석면의 종류와 함유량 등을 조사하여 데이터를 고찰하였다. 석면은 1960년대의 경제개발과 함께 산업사회에서 광범위하고 대량으로 사

용되기 시작하였고, 당시에는 법적 규제가 미비하여 석면 분진에 노출되는 경우도 많았고, 1990년대까지도 수입량이 꾸준하다가 1990년대 후반에 와서야 석면이 사회 문제로 부각되자 감소하였다(오세민 등, 1993).

특히 시멘트 제조공법이 개발된 이래로 시멘트를 응용한 많은 건축자재들이 개발되었으며 석면이 함유된 건축자재는 강도보완 및 우수한 물 흡수력과 윤활성으로 제품 표면을 매끄럽게 하며 생산성을 높여주었고(Joseph Aspdin, 1982), 불연성, 단열성, 내구성, 절연성이 뛰어나 소비량의 약 80%를 건축분야에서 활용하였다(백남원, 1994). 본 연구에서도 우리나라의 건축자재에서 석면의 검출률이 높고, 사용한 석면 종류의 대부분이 백석면인 것을 확인하였다. 김지영 등(2009)의 연구에서도 우리나라 건축재에 사용한 석면의 대부분이 백석면이었다고 보고하였다. 백석면은 1990년 이전까지 특별한 규제가 없었고, 유연성 있는 구불구불한 형태의 광물학적 구조 특성상 백석면이 다양한 용도로 사용되었다. 1970년대에는 석면이 주로 지붕재(슬레이트, 96%)에 사용되었으나 1990년대에는 슬레이트와 보온단열재인 건축 내장재, 천장판, 기타 자재의 석면판 등 사용 영역이 다양화되었다.

석면조사대상 분류에 따라 결과를 비교해보면 전체 시료 수 5,988건 중 건축물이 4,445건으로 74%로 국내 건축물 등의 석면해체·제거작업이 주로 건축물을 대상으로 이루어진다고 볼 수 있다. 석면의 검출 비율은 건축물의 석면검출 비율이 72.1%, 일반주택 및 부속건물은 93.7%으로 건축물 보다 일반 주택 및 부속건물의 석면 검출 비율이 높은 것으로 나타났다. 특히 일반 주택 및 부속건물에서 석면이 함유된 시료의 1,081건 중 지붕재가 888건(82.1%)을 차지하며, 지붕재 중 석면 검출비율이 97.3%인 슬레이트가 대다수 사용된 것으로 보인다. 정용현 등(2005)의 연구에서는 외벽재나 지붕재로 사용되는 슬레이트에는 백석면이 10% 정도 함유되어 있고, 칸막이로 사용되는 밤라이트나, 나무라이트는 8%정도 석면이 함유되어 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 지붕재에 함유된 석면의 함유율은 9.7%, 벽재의 석면 함유율은 8.7%로 기존의 연구 결과와 비슷한 결과를 나타내고 있다. 슬레이트는 2004년 11월 이후 생산이 중단되기 전까지 주택, 공장, 축사, 창고 등 모든 건축물의 지붕 및 벽체 건축자재로 꾸준히 사용되었으며, 특히 1970~1980년대에 새마을운동의 일환으로 지붕개량사업이 시행됨에 따라 석면이 함유된 슬레이트가 최고에 달하였으며, 그 후 점차 줄어들었다.(김용배 등, 2010)

반면 건축물의 경우 석면이 검출 시료가 천장재에서 2,034건, 지붕재 670건, 벽재 449건 순으로 외장재인 지붕재(슬레이트)보다 내장재인 텍스타일, 밤라이트가 더 많이 사용된 것으로 보인다. Fischbein 등(1979)의 연구에서도 건설업에서 석고보드를 벽에 설치할 때 보고한 석면노출농도는 매우 높은데, 석고벽이나 회반죽에 들어있는 백석면은 6~12%범위라고 보고하였다. 신용철 등

(2008)이 초등학교 건축물 부재에 사용된 석면의 실태조사 연구에서 석면이 검출된 학교의 천장재 텍스에 5~7%, 밤라이트는 8~10%의 백석면이 함유된 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 건축물에 사용된 텍스에 백석면의 함유율은 3.4%, 밤라이트는 8.7%로 조사되었다. 텍스는 2005년 3월까지 생산되었으나, 2004년 4월 이후 석면대체물질(규회석, 해포석)을 사용하였다. (김용배 등, 2010)

지금까지 국내의 석면에 관련된 연구 내용은 석면함유제품의 제조, 사용 등 취급과 관련하여 종사근로자의 석면노출 실태에 관한 연구(박동욱 등, 2009; 1988, 최정근 등, 1998; 박두용 등, 1988)와 석면해체 및 제거 작업시의 종사근로자의 석면노출실태 연구(김지영 등, 2009; 최충근 등, 2002; 유찬영 등, 2002), 건축물내 석면 실태조사 및 특성에 관한 연구(신용철 등, 2008, 김현욱 등, 1995, 정용현 등, 2005)관한 내용 등 다양하게 진행되었다. 하지만 석면 조사 사업 중에 채취한 고형 시료에 대한 석면의 종류 및 함량에 대한 통합적인 연구가 부족하였기 때문에 참고 자료로 이용할 만한 구체적인 데이터가 마련되지 못했다.

이 연구를 위해 전국적으로 8개 기관의 보고서를 수집하여 총 5,988개에 대한 자료를 분석하였지만, 전국의 모든 자료를 활용하지 못한 고형시료 중의 석면 함량 및 종류 분석의 결과에 대해 대표치라고 말하기에는 무리가 있을 수 있다. 하지만 본 연구는 국내 석면 고형 시료 중 건축자재나 설비 종류에 따른 석면의 함유 특성에 대한 기초 자료의 틀을 마련하였다는 것에 의의가 있으며, 석면 함유 여부와 구성 성분에 관한 분석 결과는 건축물 해체 및 수리 작업에 종사하는 근로자의 건강보호를 위한 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 일부 석면조사기관들의 2010년도 석면 조사보고서를 통해 석면 국내 건축물 등 해체, 철거 현장에서 발생하는 다양한 고형 시료에서 석면의 종류와 함유량 등을 세가지 분류(조사대상별 분류, 석면 함유 의심자재별 분류, 건축자재별 분류)로 나누어 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 조사대상별로 고형시료를 분류하였을 때, 건축물과 주택 및 부속건물의 고형 시료에서 석면의 검출률이 높게 나타났으며(건축물 : 72.1%, 주택 및 부속건물 : 93.7%), 백석면은 파이프를 제외한 건축물(66.9%, 범위 1~90%), 주택 및 부속건물(89.7%, 범위 2~90%), 설비(11.0%, 범위 2~90%)에 모두 검출되었다.

(2) 석면 함유 의심 자재별로 시료를 분류에서는 슬레이트, 밤라이트 등을 포함하는 기타자재의 고형시료에서 79.2%의 높은 석면 검출률을 나타냈으며, 천장재, 지붕재, 벽재에서 백석면, 백석면과 갈석면의 혼합된 형태의 석면이 검출되었다. 그 외 바닥재(범위 2~12%), 가스켓(범위 2~90%), 그 외 자재(석면포, 석면사 등), (범위 8~80%)

에서 백석면이 검출되었다.

(3) 건축 자재 종류별 분류에서는 슬레이트(92.6%, 범위 2~21%), 텍스(80.6%, 범위 1~17%), 밤라이트(73.4%, 범위 2~19%) 고형 시료 모두 높은 백석면 검출률을 나타냈으며, 우리나라의 대표적인 건축자재에 대부분 백석면이 함유되어 있는 것으로 확인하였다. 또한 백석면을 포함하여 백석면과 갈석면이 혼합된 형태의 석면도 검출되었다.

본 연구 결과를 통해 국내 건축물 등 해체, 철거 현장에서 발생하는 다양한 종류의 고형 시료 중에 함유된 석면의 종류와 함량에 관한 분석을 통해 국내 석면 함유의 심자재 고형시료의 특성 및 자재에 따른 차이점을 파악하였다. 본 연구는 국내 건축자재나 설비 종류에 따른 석면 분포특성에 관한 대표적인 기초 자료의 틀을 마련하였다는 것에 의의가 있으며, 많은 석면 조사 분석 기관에서 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## VI. 참고문헌

국회입법조사처. 석면 관련 법제의 개선방안 : 현황, 문제점, 해외사례를 중심으로. 2009

김지영, 이송권, 이정희, 임무혁, 강성욱, 피영규. 석면해체·제거시 공기 중 노출수준과 영향 요인. 한국산업위생학회지. 2009; 19 (1): 8-15

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

고용노동부. 산업안전보건법 시행령 영 제13053호. 1990

고용노동부. 석면함유제품의 제조·수입·양도·제공 또는 사용 금지에 관한 고시(고용노동부 고시 제2007-26호). 2007

고용노동부. 산업안전보건법 법률 제9434호. 2009

박동욱, 최상준, 윤충식. 우리나라 석면 취급 산업장 석면 농도에 관한 고찰. 한국산업위생학회지. 2009; 19 (3): 307-320

김정만 외. 석면조사와 해체제거. 동화기술; 2010.

신용철, 손병훈, 홍원화. 초등학교 건축물 부재에 사용된 석면의 실태조사 연구. 대기건축학회논문집. 2008; 24 (12)

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

정용현, 한정희, 성재혁, 송경석, 임경택, 유일재. 건축물내 천장재 석면 실태조사 및 특성분석. 한국실내환경학회지. 2005; 1 (2): 156-165

최정근, 백도명, 백남원. 우리나라의 석면 생산과 사용 및 근로자 수와 노출농도의 변화. 한국산업위생학회지. 1998; 8 (2): 242-253

Fischbein A, Rohl AN, Langer AM, Selikoff IJ. Drywall construction and asbestos exposure. Am Ind Hyg Assoc J. 1979; 40 (5): 402-407

John H. Lange. Impact of asbestos concentrations in floor tiles on exposure during removal. International Journal of Environmental health Research. 2002; 12: 293-300

Corn M, Crump K, Farrar DB, Lee RJ, McFee DR. Airborne concentrations of asbestos in 71 school buildings. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 1991; 13: 99-114

Nam Won Paik, Richard J. Walcott, Patricia A. Brogan. Worker exposure to asbestos during removal of sprayed material and renovation activity in building containing sprayed material. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1983; 44 (6): 428-432

Robert A. Perkins, F.ASCE, John Hargesheimer. Demolition of gypsum wallboard with asbestos-containing mastic. *Practice periodical of hazardous, toxic, and radioactive waste management*. 2002; 235-243

Robert A. Perkins, John Hargesheimer, Walter Fourie. Asbestos release from whole-building demolition of buildings with asbestos-containing material. *Journal of occupational and environmental hygiene*. 2007 Dec; 4 (12): 889-894