

# 석면 건축자재의 비산 방지를 위한 침투성 경화제 침투 효과에 관한 연구

## A Study on Penetration Effect of Penetrating Hardener for Prevention of Scattering of Asbestos Building Materials

송태협<sup>1\*</sup> · 박지선<sup>2</sup> · 신현규<sup>3</sup>

Tae-Hyeob Song<sup>1\*</sup> · Ji-Sun Park<sup>2</sup> · Hyun-Gyoo Shin<sup>3</sup>

(Received November 12, 2018 / Revised December 18, 2018 / Accepted December 18, 2018)

In accordance with the amendment of the Industrial Safety and Health Act of 2007, Korea completely prohibited the import, distribution and manufacture of asbestos like Europe and Japan. Accordingly, the current problem of asbestos is the safe maintenance and disposal of asbestos construction material, the disposal of asbestos, and the final disposal of asbestos building materials.

In the past, Korea used 100,000 tons of asbestos every year, and the building materials using it exceeded 1 million tons per year. These asbestos building materials continued to be used until 2006, and the Ministry predicted that these materials would continue to be maintained until 2044. When the permeable hardening agent is applied to the asbestos building material installed in the pre-pretreatment step for the harmless treatment of the asbestos waste and the dismantling is carried out, the scattering of the asbestos is suppressed in the disassembling step, detoxification treatment conditions can be improved. Therefore, permeable hardeners should be stably penetrated into asbestos building materials.

In this study, it is suggested that pre - pretreatment methods for the harmless treatment of waste asbestos building materials with medium density level can be presented. In order to efficiently perform pre - treatment for chemical harmless treatment in the future, the mixing ratio of permeable hardener and middle water Optimization is the most important factor.

**키워드** : 석면, 안정화 처리제, 침투깊이, 점도, 분별해체, 건설폐기물, 재활용, 교육시설, 순환골재

**Keywords** : Asbestos, Scattering prevention agent, Penetration depth, Viscosity, Dilution

### 1. 서론

석면은 불연성, 단열성, 내구성, 절연성, 보온성이 좋고 인장강도가 우수하여 다양한 건축자재의 보강섬유로 사용되어 왔다. 이러한 건축자재는 천장재, 바닥재, 경량 칸막이등 패널 및 보드 등 매우 다양하며, 생산공정도 초조, 압출성형, 프레스, 스프레이 방식 등 모든 공정에 적용되어 왔다. 70년대부터 90년대까지 건축자재에 사용된 보강섬유는 대부분 석면이라 해도 과언이 아닐 정도로 우리나라는 건축자재 생산에 석면을 다량 사용하여 왔다. 그러나 석면의 인체 유해성이 지속적으로 제기되었으며(Doll 1955; Becklake 1976; Artvinii and Bais 1979) 세계보건기구에서는 석면

을 1급 발암물질로 규정한바 있으며(Frumkin and Berlin 1988), 우리나라를 비롯한 대부분의 나라에서 석면사용을 금지하고 있으며, 이미 설치된 석면 건축자재를 해체하고 있다.

국내에서도 2007년 1월부터 석면 및 석면 제품의 수입을 금지한 바 있으며, 2008년 1월부터는 일부 예외 조항으로 남겨두었던 제품을 포함하여 전면적인 금지 품목으로 규정하였고, 2008년 7월부터 1% 이상의 석면을 함유한 모든 자재는 모두 지정폐기물로 처리하도록 폐기물관리법 시행규칙이 개정된 바 있다. 따라서 현재의 석면의 문제는 사용단계에서의 공기 중 석면의 비산 없이 안정적으로 사용하는 문제, 해체단계에서 석면 비산을 최소화 하여 해체하는 문제, 해체된 폐석면 건축자재를 안정적으로 최종 처

\* Corresponding author E-mail: thsong@kict.re.kr

<sup>1</sup>한국건설기술연구원 국민생활연구본부 연구위원 (Department of Living and Built Environment Research, KICT, Gyeonggi-do, 10223, Korea)

<sup>2</sup>한국건설기술연구원 국민생활연구본부 수석연구원 (Department of Living and Built Environment Research, KICT, Gyeonggi-do, 10223, Korea)

<sup>3</sup>한국산업기술시험원 재료기술센터 책임연구원 (Material Technology Center, Korea Testing Laboratory, Seoul, 08389, Korea)

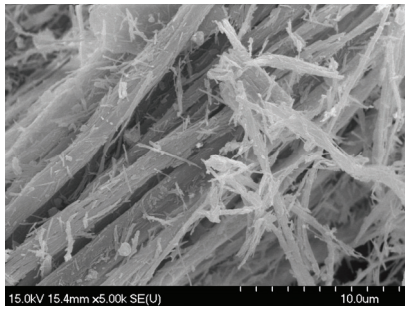


Fig. 1. Chrysotile asbestos

리 하느냐의 문제이다.

미국, 일본 등에서는 비용, 공사기간, 사후 안정성 등의 측면을 고려하여 석면함유 건축물의 안전하고 지속적인 사용을 목표로 새로운 관리 방안으로 안정화(Encapsulation) 방법을 권장하고 있으며, 뿔칠재의 안정화를 위해 ASTM E 1494-92로 시험기준을 제시하고 있다(ASTM 2002). 또한, 일본 국토교통성에서는 2006년 건축기준법에서 건축물 관리를 위한 석면 안정화제를 인증하였고, 일본의 건축물에 주로 사용된 뿔칠재의 석면 비산관리를 할 수 있는 규정을 명시하여 운영하고 있다(JTCCM 2007).

이에, 국내에서도 석면 비산 안정화제(이하 안정화제) 활용에 대한 필요성이 제시되고 있으며, 나노실리카 및 알칼리 이온을 이용하여 100% 무기질계 안정화제를 개발하여 연구하는 등 안정화제 관련 연구가 진행된 바 있다. 본 연구에서는 침투성 안정화 처리제가 석면 건축자재에 효과적으로 침투할 수 있도록 침투제의 점도 변화를 부여하여 침투 깊이의 변화를 고찰하고자 하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 이론적 고찰

석면을 사용한 건축자재는 매우 다양하다. 대표적인 석면 건축자재로는 지붕재로 사용하고 있는 골 슬레이트와 실내 천장재로 사용하고 있는 벌레무늬 텍스이다. 이들 제품은 모두 초초방식에 의한 석면 건축자재 제조 방식으로 유사한 생산 공정 방식을 취하고 있으며, 마지막 가압 단계의 압력을 달리하여 생산을 실시하였다. 높은 압력을 사용하여 생산한 슬레이트는 밀도가 1.8g/cm<sup>3</sup> 이상으로 고강도, 낮은 흡수율을 나타내어 지붕재로 사용되었으며, 상대적으로 낮은 압력으로 성형하는 천장재의 밀도 범위는 0.8~1.2g/cm<sup>3</sup> 범위를 형성한다. 이외에 시멘트 압출성형 방식에 의하여 생산하는 제품이 있으며, 이외에 스프레이 방식에 의한 철골내

Table 1. Classification of asbestos

Main category	Kinds	Chemical formula
Serpentine	Chrysotile	3MgO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O
Amphibole	Amosite	(FeMg)SiO <sub>3</sub>
	Crocidolite	Na <sub>2</sub> Fe(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> FeSiO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O
	Anthophyllite	(MgFe) <sub>7</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (OH) <sub>2</sub>
	Tremolite	Ca <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>22</sub> (HO) <sub>2</sub>
	Actinolite	CaO <sub>3</sub> (MgFe)O <sub>4</sub> SiO <sub>2</sub>

화 피복재 및 보온재 등이 사용되어 왔다.

석면의 종류는 크게 사문석계와 각섬석계로 구분하며, 사문석계는 백석면이 있으며, 각섬석계는 갈석면, 청석면 등 5개 종류가 있다. 일반적으로 지금까지 가장 많이 사용되어온 석면은 백석면이며, 인체 유해성이 가장 높은 종류는 청석면으로 보고되고 있다.

초초 방식에 의한 슬레이트의 제조, 압출성형 방식에 의한 시멘트 판재의 제조도 대부분 캐나다에서 수입한 백석면을 사용하여 왔다.

### 2.2 실험계획 침투성 경화제 특성 분석

본 연구에서는 건축자재 중 석면이 함유된 밀도 0.8~1.2g/cm<sup>3</sup> 범위의 천장재를 대상으로 침투 경화성 측정을 실시하였다. 1.5g/cm<sup>3</sup> 이상의 석면 건축자재의 경우 침투성에 관한 효과가 적기 때문에 상대적으로 밀도가 낮은 0.8~1.2g/cm<sup>3</sup> 천장재를 실험 대상으로 선정하였다. 석면의 종류 및 함유량은 편광현미경(Polarized Light Microscope, PLM)을 통해 분석하였고, 전자현미경(SEM)과 상분석기(EDS)를 이용하여 미세구조와 섬유상 구조를 가진 물질의 성분을 분석하였다.

천장재에 사용된 대부분의 석면은 백석면으로 그 주요 물리적인 특성은 다음과 같다.

Table 2. Physical Characteristics

Grade	Tensile strength	Fire resistance	Color	Length of fiber
6	3500MPa	1350℃	White	40mm

사용된 천장재의 석면 함유량을 PLM 방법으로 분석한 결과 천장재는 백석면 3%가 함유되어 있음을 확인하였으며, 천장재에 함유된 석면의 SEM 이미지와 EDS 분석한 결과, 석면의 주요 성분인 Mg와 Si 성분이 검출됨을 확인하였다. 5종의 안정화제 고품형 함

량, 점도, 비중 및 pH의 결과는 Table 3과 같다. 고형분은 전체적으로 10~18wt%, 비중은 1.10~1.25로 5가지 제품 모두 비슷한 특성을 가졌으며, pH의 분포는 pH 11~12로 알칼리성을 나타냈다. 또한, 무기계 안정화제의 경우 점도는 1~5CPs로 분포되어 있는 것을 확인하였다.

Table 4는 안정화제의 성분 분석 결과로 공통적으로 Si, Na, K가 다량 검출되었으며 이는 무기질 안정화제의 기초 물질로 알려진 Na 및 K이 Si와 다양한 방식으로 결합된 규산염이 주된 성분을 이루고 있기 때문인 것으로 판단된다.

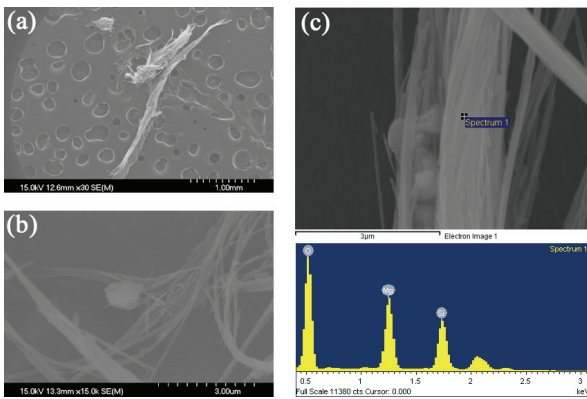


Fig. 2. (a), (b) SEM micrographs of asbestos fibers in ceiling materials; and (c) the corresponding EDS profile analysis for the SEM image

Table 3. Basic properties of scattering prevention agents

	A	B	C	D	E
Type	Inorganic	Inorganic	Inorganic	Inorganic	Inorganic
Solid[wt%]	14~16	12~15	10~12	16~18	10~12
Viscosity[cP]	5.6	2.2	2.5	5.0	1.9
Specific gravity	1.11~1.15	1.08~1.12	1.10~1.15	1.15~1.18	1.08~1.12

Table 4. Elemental composition of scattering prevention agents in wt% by XRF method

Compo[wt%]	A	B	C	D	E
Na	6.03	0.262	0.174	8.11	0.232
Mg	0.0095	0.0106	-	-	-
Al	0.122	0.0151	0.0141	0.16	0.0849
Si	43.0	28.7	25.2	90.1	32.5
P	0.0046	-	-	-	0.0140
S	0.0425	0.0121	-	0.0703	0.033
Cl	0.153	-	-	-	-
K	50.2	71.0	72.0	1.03	67.1
Ca	0.299	0.0477	0.0341	-	0.186
Fe	0.202	0.0464	0.0422	0.534	-
Rb	0.0166	0.0249	0.0162	-	-

### 2.3 침투성 평가 방법

안정화제의 성능 평가는 천장재에 안정화제 처리 후, 에어로존 시험기 상부에 설치하여 성능 평가 시험을 수행하였다. 동일한 시험에 의한 특성 분석을 위하여 에어로존 시험기를 사용하였으며 시험 조건은 Table 5와 같다. 공기 시료의 채취는 25mm의 필터에서 10 L/min의 유속으로 60분간 채취하였다. 채취한 공기 중 시료는 위상 차현미경(Phase Contrast Microscope, PCM)으로 분석하였다.

동일한 안정화처리제를 손상된 천장재를 가정하여 비교시험하기 위하여 Fig.4.에서 보는 바와 같이 30×30cm 크기의 천장재에 안정화제를 도포한 후 직경 7mm의 드릴을 이용해 간격이 75mm가 되도록 9개의 구멍을 뚫어 성능 평가를 진행하였다.



Fig. 3. Asbestos aero zone concentration tester

Table 5. Test conditions of airozone performance evaluation

Test conditions	Value
Angular spread(air)	90°
Pressure difference	95KPa
Flow velocity	10 L/min
Time	60min

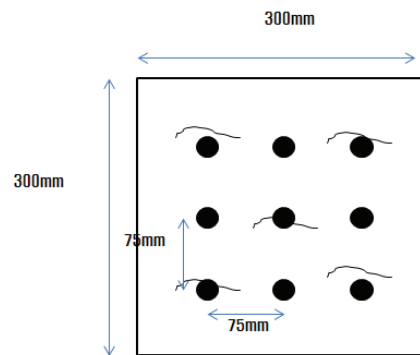


Fig. 4. Mimetic diagram of damaged asbestos-containing ceiling materials

천장재에 처리된 안정화제의 침투 여부와 깊이를 확인하기 위하여 성분 분석이 가능한 EDS 분석 방법을 사용하였다. 안정화제가 처리되지 않은 천장재와 안정화제 처리된 천장재의 성분 비교를 통해 천장재의 표면에서 수직방향으로 지표 물질 기준 point 분석을 실시하여 안정화제의 검출 경계를 확인한 후, 수평방향으로 이동해 지표 물질의 검출 유무를 확인하는 방식으로 침투 깊이를 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 안정화제 처리 후 성능 평가 결과

천장재(30×30cm)에 희석하지 않은 안정화제를 스프레이를 이용하여 250g/m<sup>2</sup> 기준으로 도포한 후 에어로존 시험기를 이용하여 성능 평가를 실시하였다. Fig. 5의 결과에서 보여지듯이 안정화제 처리를 한 경우에는 0.0057f/cc로 실내 공기질 기준(0.01f/cc)을 초과하지 않는 결과가 나왔지만, 안정화제 처리 후 앞서의 Fig. 3과 같이 파손을 가하고 성능 평가를 실시한 결과 0.0180f/cc로 실내 공기질 기준을 초과하는 결과를 나타냈다.

이를 통해 안정화제를 도포했을 때 공기 중으로 비산되는 석면 농도를 감소시키지만 천장재가 파손될 경우 안정화제가 내부로 충분히 침투되지 않아 고착화되지 못한 석면 섬유로 인해 석면의 비산 농도가 증가됨을 확인할 수 있었다. 따라서 파손이 발생하는 경우를 고려하여 천장재 내 안정화제 침투 깊이를 증가시킬 필요가 있다.

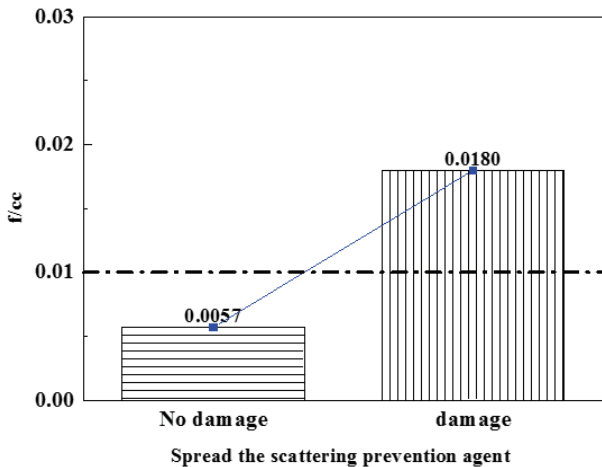


Fig. 5. PCM-asbestos fiber concentrations measured after spread-coating the scattering prevention agent and damaging the ceiling materials

#### 3.2 침투깊이 평가결과

5가지 안정화제의 도포 전후 EDS 분석한 결과 안정화제 처리 전 천장재는 Mg, Si, O, C, Al 등 약 7가지 성분이 검출되었지만 안정화제 처리 후 Mg의 양이 크게 감소하고 도포 전 존재하지 않던 K가 검출됨을 확인할 수 있다. 안정화제 도포 후 Mg 검출량이 감소됨을 통해 안정화제가 석면 표면에 고착된 것으로 판단된다.

안정화제 처리 전 천장재에 존재하지 않던 K 성분이 안정화제 처리 후 검출되는 것을 확인하고 K성분을 안정화제 침투 깊이 확인을 위한 지표로 사용 하여, EDS 분석을 통한 안정화제의 침투 깊이 분석을 실시하였다.

Table 6과 Fig.6은 안정화제의 도포 전후 EDS 분석 결과로, EDS 분석을 통해 안정화제 처리된 천장재는 Mg, Si, O, C, Al 등 약 7가지 성분이 검출된다.

Table 6. EDS analyses results(wt%) on asbestos-containing ceiling materials before and after spread the scattering prevention agents

Element (wt%)	A		B		C		D		E	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
C	8.47	9.78	8.46	11.15	8.2	11.88	8.2	14.36	8.25	18.54
O	59.63	60.19	58.65	49.69	53.34	55.54	58.13	55.34	56.85	53.4
Na	0.71	2.69	0.21	5.64	0.61	1.13	0.98	15.2	0.45	0.77
Mg	13.39	9.26	15.66	0.72	11.08	0.78	14.89	-	16.85	1.02
Al	1.16	0.75	0.65	0.11	0.63	0.33	1.29	0.23	1.25	0.51
Si	7.04	7.31	6.9	18.51	7.25	16.02	7.1	12.86	6.65	17.75
K	-	2.41	-	10.5	-	7.8	-	2.01	-	3.05
Ca	9.59	7.61	9.47	3.67	18.89	6.52	9.4	-	9.7	4.96

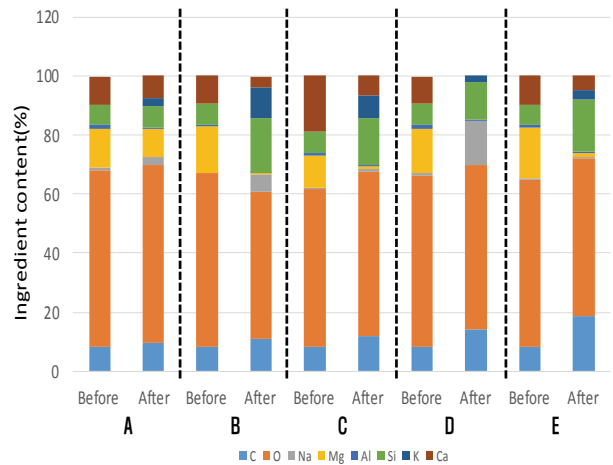
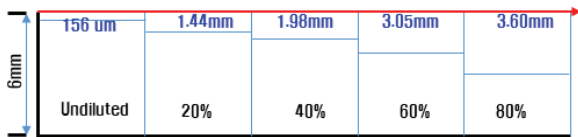


Fig. 6. EDS analyses results(wt%)

**Table 7. Viscosities of diluted scattering prevention agents with different concentration of distilled water of 0, 20, 40, 60, and 80%**

Concentration of distilled water	A	B	C	D	E
0%	5.6	3.2	2.5	5.0	1.9
20%	2.3	2.0	2.0	3.7	1.8
40%	1.8	1.7	1.7	2.4	1.3
60%	1.5	1.4	1.5	1.8	1.3
80%	1.3	1.2	1.2	1.4	1.2



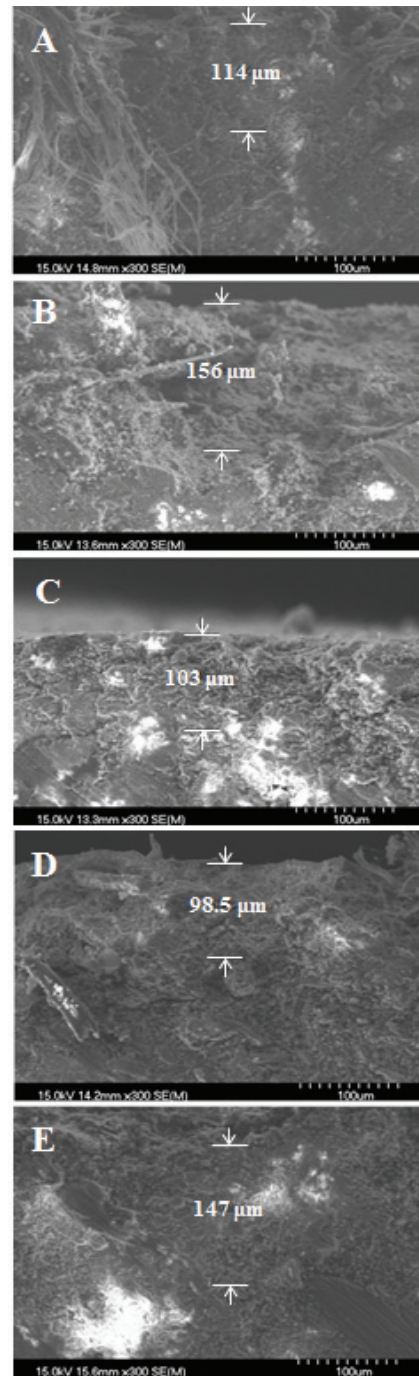
**Fig. 7. The penetration depth of diluted scattering prevention agent**

그러나 안정화제 처리 후 Mg의 양이 크게 감소하고 도포 전 존재하지 않던 K가 검출됨을 확인할 수 있다. 안정화제 도포 후 Fig. 6(c)에서 확인한 석면 섬유 성분인 Mg 검출량이 감소됨을 통해 안정화제가 석면 표면에 고착된 것으로 판단된다. 안정화제 처리 전 천장재에 존재하지 않던 K 성분이 안정화제 처리 후 검출되는 것을 확인함에 따라 K성분을 안정화제 침투 깊이 확인을 위한 지표로 사용할 수 있을 것으로 분석되었다

Table 7는 각각 EDS 분석을 이용한 안정화제 종류에 따른 침투 깊이 결과와, Vibro Viscometer로 측정된 안정화제 점도 결과를 보여준다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 희석하지 않은 안정화제의 경우 침투 깊이는 평균 113μm로 6mm의 천장재 기준 약 2% 정도 침투되며, 내부 침투가 거의 이루어지지 않은 것으로 판단된다. 점도의 경우 무기질 안정화제 자체가 수용성이므로 증류수를 이용하여 조절할 수 있는 변수이기 때문에 Table 7와 같이 희석 비율별로 점도를 변화시켜 침투 깊이를 확인하였다.

Fig. 7에서 침투 깊이가 가장 우수했던 안정화제 B를 대상으로 20, 40, 60, 80%의 비율로 희석하여 석면 함유 천장재에 도포한 후 희석 비율별 침투 깊이를 측정하면, 희석하지 않은 안정화제의 경우 천장재 내 침투 깊이가 156μm인 반면 80% 희석한 경우 침투 깊이가 3.6mm로 20배 이상으로 향상된 침투 깊이 결과를 보였다.

석면 함유 천장재의 안정화제 처리 시 천장재 내부로의 침투가 충분히 이루어지지 않아 외부의 자극으로 인한 파손 발생 시 공기 중으로 비산되는 석면의 농도가 급격히 증가하는 결과를 바탕으로 안정화제의 침투 깊이 확인 및 향상 방법을 연구하였으며, 증류수를 이용한 안정화제의 비율별 희석을 통해 안정화제의 점도를 낮



**Fig. 8. The penetration depth according to type of scattering prevention agent**

추어 점도에 따른 안정화제의 침투 깊이를 확인하였다.

성분 분석 결과 무기질계 안정화제는 주로 Na, K, Si 성분으로 구성되어 있으며, 안정화제 도포 전 천장재는 Mg, C, O 등이 주요 성분으로 구성되어 있음을 확인하였다.

## 4. 결론

0.8~1.23g/cm<sup>3</sup> 밀도를 가지는 석면 건축자재의 무해화를 위한 침투성 안정화 처리제의 침투 깊이에 관한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 안정화제 처리 후 천장재 단면의 성분 분석 결과 석면 섬유의 구성 물질인 Mg의 양이 크게 감소하고 안정화제에 존재하는 K 성분이 증가하는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로 K 성분을 기준으로 EDS 분석을 통해 천장재 표면에서 수직방향으로 point 분석을 실시하여 K가 검출되지 않는 경계를 확인한 후 수평방향으로 이동하여 검출 유무를 확인하는 방법 안정화제의 침투 깊이를 확인하였다.
- 2) 위의 측정 방법을 바탕으로 증류수의 비율이 20, 40, 60 그리고 80%가 되도록 안정화제를 희석하여 점도를 낮춘 후 희석 비율별로 안정화제의 침투 깊이를 확인한 결과 희석시키지 않은 경우 156 $\mu$ m의 침투된 반면 80%희석한 경우 3mm로 희석 비율이 높아질수록 침투 깊이가 향상됨을 확인하였다

## 감사의 글

본 연구는 2018 환경선진화기술개발사업(과제번호: 2018000110007)에 의하여 수행된 결과입니다.

## References

Artvinii, M., Bais, Y.I. (1979). Malignant mesotheliomas in a small village in the anatolian region of turkey: an epidemiologic study, *Journal of the National Cancer Institute*, **63(1)**, 17-22.  
 American Society for Testing and Materials(ASTM). (2002). Standard practice for encapsulants for spray-or trowel-applied

friable asbestos-containing building materials, E 1494-92 .  
 Becklake, M.R. (1976). Asbestos-related diseases of the lung and other organs, their epidemiology and implications for clinical practice, *American Review of Respiratory Disease*, **114(1)**, 187-227.  
 Bae, J.M., Kim, Y.C., Won, A.N., Hong, W.H. (2012). A study on the improvement of residential environment in building of asbestos cement slate through the survey -focusing in seoul city, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, **28(12)**, 399-406 [in Korean].  
 Doll, R. (1955). Mortality from lung cancer in asbestos workers, *British Journal of Industrial Medicine*, **12(2)**, 81-86.  
 Frumkin, H., Berlin, J. (1988). Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis, *American Journal of Industria Medicine*, **14(1)**, 79-95.  
 Hwang, J.Y., Lee, H.M., Oh, J.H., Park, G.N. (2011). Asbestos determination of some domestic building-materials using X-ray diffraction, *Journal of the Mineralogical Society of Korea*, **24(2)**, 119-131 [in Korean].  
 Japan Testing Center for Construction Materials(JTCCM). (2007). Special Review: Test of Capability of Anti-Friable Encapsulant Materials, *Building Material Testing Information*.  
 Jeon, R.Y., Yu, Y.S., Lee, C.S. (2013). The checklist & manual development for safe dismantling of asbestos building materials, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, **29(7)**, 117-124 [in Korean].  
 Ki, Y.H., Kim, J.M., Roh, Y.M., Chung, L, Kim, Y.S., Sim, S.H. (2008). A survey for some asbestos containing products in korea, *Korean Journal of Environmental Health Sciences*, **34(1)**, 108-115 [in Korean].  
 Korea Institute of Civil engineering and building Technology(KICT). (2009). Smart Monitoring of Indoor Asbestos Based on the Distinct Optical Properties of Asbestos from Particulate Matters.

### 석면 건축자재의 비산 방지를 위한 침투성 경화제 침투 효과에 관한 연구

2007년 산업안전 보건법의 개정에 따라 우리나라도 유럽 및 일본과 같이 석면의 수입, 유통, 제조를 완전히 금지하였다. 이에 따라 현재의 석면의 문제는 기존에 시공된 석면 건축자재의 안전한 유지관리 및 친환경 해체, 그리고 폐기된 석면 건축자재의 안정적인 최종처리에 있다고 할 수 있다.

과거 우리나라는 매년 10만 톤의 석면을 사용하였으며, 이를 사용한 건축자재는 연간 100만 톤을 초과하였다. 이러한 석면 건축자재가 2006년까지 지속적으로 사용되었고, 이러한 자재는 향후 2044년까지 계속 유지될 것으로 환경부에서 예측한 바 있다. 석면 폐기물의 무해화 처리를 위한 사전 전처리 단계로 설치되어 있는 석면 건축자재에 침투성 경화제를 도포 하고, 해체 철거를 실시하면, 해체단계에서 석면의 비산을 억제하고, 무해화 단계에서 알칼리 공급 작용을 하여 무해화 처리 조건이 개선될 수 있다. 따라서 석면 건축자재에 침투성 경화제가 안정적으로 침투될 수 있어야 한다.

본 연구에서는 sodium silicate를 주성분으로 하는 침투성 경화제와 증류수의 희석 비율에 따른 침투 효과를 비교하고자 하였다. 시험결과 K성분의 침투에 따른 침투 깊이 평가가 가능할 것으로 판단되었으며, 증류수 희석 비율이 높을수록 침투 효과는 커지는 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 중밀도 수준의 폐석면 건축자재의 무해화를 위한 사전 전처리 방법의 제시가 가능할 것으로 사료되며, 향후 화학적 무해화를 위한 사전 전처리를 효율적으로 하기 위해서는 침투성 경화제와 증류수의 혼합비율의 최적화가 가장 중요한 요소인 것으로 나타났다.