

석면 비산안정화제 효율평가방안

입자연구팀

하광태 · 김창규 · 이수현 · 강미혜 · 정숙녀 · 유승성 · 어수미 · 정 권

Evaluation of Efficiency of Asbestos Scattering Stabilizer

Particle research Team

**Kwang-tae Ha, Chang-kyu Kim, Su-hyun Lee, Mi-hye Kang,
Seung-sung Yoo, Sook-hye Chung, Soo-mi Eo and Kweon Jung**

Abstract

This study was an experiment to confirm the effects of reducing the exposure to asbestos through the use of anti-scattering agents. In the scattering test for air movement, buildings ceilings, constructed of asbestos-containing materials, treated with anti-scattering agent treatment showed a 100% reduction in the asbestos' concentration. The asbestos-containing ceiling materials treated with the anti-scattering agent showed the resistance to impulse, showed a 100% reduction in scattering prior to using the anti-scattering agent. The average bond strength associated with anti-scattering agent treatment was maintained within 6.4 kg 중/mm^2 on the average, which was in accordance with the ASTM(American Society for Testing and Materials) standard. The effect of anti-scattering agents on naturally occurring asbestos(NOA) decreased after an average of five months due to weathering.

Key words : asbestos, anti-scattering agents, NOA(Naturally Occurring Asbestos)

서 론

석면은 사문석 및 각섬석 광물에서 채취된 천연 광물로써 주성분이 규산마그네슘($\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})$)으로 이루어진 섬유상 규산화합물이다. 석면은 사문석계열의 백석면(Chrysotile)과 각섬석계열의 청석면(Crocidolite), 갈석면(Amosite), 액티놀라

이트(Actinolite), 트레몰라이트(Tremolite), 안소필라이트(Anthophyllite)등으로 분류되고 있다. 이러한 석면은 가정, 상업, 및 건축, 화재방지 등 이용되는 천연광물로써 내열성, 인장강도, 절연성 등이 우수해서 우리 생활 속에 다양하게 사용되고 있다(1, 5).

그러나 1950년대부터 석면의 위험성이 조금씩

알려지기 시작하였는데, 석면을 채굴하던 광부나 가공하던 공장 근로자들에게 석면폐, 폐암, 악성중피종 및 장 관련 암, 후두암, 유방암, 난소암, 신장암, 췌장암, 부고환암, 임파선암, 기타 부위의 발암성과 원형무기폐 및 흉막염이 유발되었다는 것이 알려지기 시작했다. 그리고 석면폐의 경우 질병의 발생과 석면 섬유사이에는 양-반응관계를 보이며, 악성중피종과 폐암의 경우는 화학적 성질과 함께 섬유의 굵기, 길이, 모양 등의 물리적 성질이 질병의 발생과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다(11).

국내의 석면 관리 규정은 석면함유 건축자재가 사용된 건축물의 경우, 지속적인 관리와 해체·제거가 주요 관리방안으로 제시하고 있으며, 건축물의 특성을 고려한 관리규정 제시가 미비한 상태로 '석면안전관리법'에서 건축물의 지속적인 사용을 위한 관리규정 제시가 요구된다(1). 석면 지속적 관리 방법에는 석면 소재를 둘러쌈(Encasement)와 안정화(Encapsulation) 방법이 있는데, 미국 ASTM(American Society for Testing and Materials)에서도 석면 관리를 위해 비산안정화제의 부착강도, 침투력, 내화성, 내충격성, 표면연소 특성에 대한 기준을 운영하고 있다(2, 3). 일본 국토교통성에서는 2006년 건축기준법에서 석면함유 건축물 관리를 위한 비산안정화제 인증제를 도입하여 현재까지 총 39종의 비산안정화제를 인증하였고(2, 3), 일본의 건축물에 대한 주로 사용된 뿔칠제의 석면 비산관리를 할 수 있는 규정을 명시하여 운영하고 있다(4). 따라서 우리나라에도 비산안정화제 성능에 대한 엄격한 평가방법을 확립하여 석면함유 자재의 관리대책 방안마련이 시급한 실정이다. 이에 석면비산포집장치 등을 이용하여 석면함유 물질을 객관적이고 신뢰성 있는 평가방법의 기준을 설정할 필요가 있어 본 실험을 실행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 한국산업표준(KS M 2757:2014)에 의한 석면이 함유된 실내 천장재 등에 석면 비산

을 방지 및 억제하기 위하여 사용하는 석면비산방지제의 성능 시험에 관한 것이다. 그 실험으로 섬유 비산 시험, 충격 시험, 부착강도 시험 등이 있다. 비산안정화제의 성능을 평가하기 위해서는 시험장치가 필요한데, 기존의 풍압을 일으키는 유입 공기압력방식은 대용량 펌프를 필요하기 때문에 에너지 소모가 크고, 소음진동이 심한 문제점을 가지고 있다. 또한 시료표면으로부터 탈리된 석면 입자가 시험 챔버내에서 균질성을 유지할 수 있도록 회전체가 회전하면서 상하이동운동이 가능해야 하며, 일정한 풍속이 시료표면에 전달되는지 감지하는 풍압감지 장치가 필요하다. 공기에 의한 섬유(석면) 비산 시험은 비산안정화제를 처리한 시험체에 환기시설 등에 의한 바람에 의한 섬유(석면)의 비산 정도를 실험하는 것이다.

그림 1에서와 같이 실험 장치는 밀폐형 상자 용기에 회전 공기분사 장치, 외부 용기의 내압을 조정하는 Blower 및 미세 차압계가 설치된 것으로 공기의 송풍구에 3개 노즐을 Tube 단면에서 각각 120° 위치에 각각 설치되었다. 시험방법은 장비 챔버

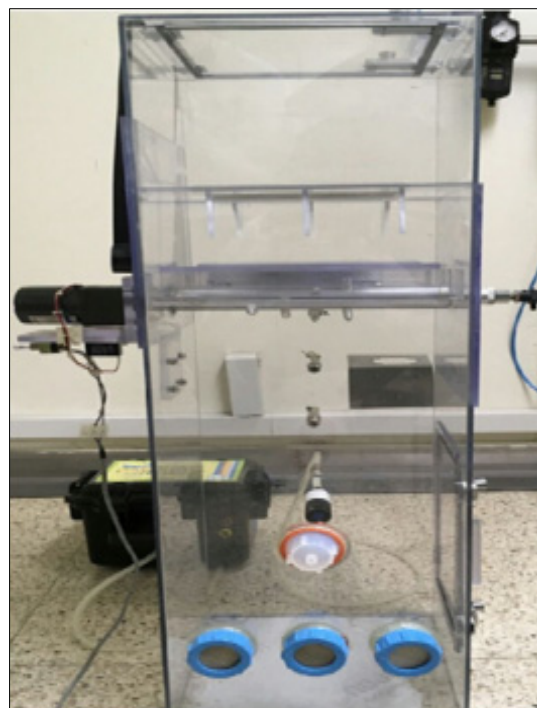


Fig. 1. High efficient sampling equipment for asbestos scattering measurement.

를 진공청소기로 청소하고, 종이타월로 깨끗이 닦아내고 MCE(Mixed Cellulose Easter) 필터를 장착한 다음 시험체를 설치한다. 회전 공기 분사 장치를 회전수는 10 r/min, 압력은 98 kPa로 조정한다. 10 L/min 로 에어펌프를 작동하여 챔버 내의 공기를 60분간 채취한다. 채취한 시료는 전처리 후 위상차현미경(PCM)으로 계수한다(9).

충격시험은 석면 비산 방지제를 처리한 취부재에 고체가 충돌할 경우, 그림 2에서와 같이 석면 비산 방지층의 이탈이 생기는지 여부를 조사하는 것이 목적으로 시험체의 표면부터 1 m의 쇠구슬(지름 약 54 mm, 질량 약 530 g)을 회전 없이 자유 낙하시킨 후 시험체 표면에 갈라짐, 벗겨짐 등의 파손이 발생하는지 여부를 육안 관찰한다(9). 파손 정도를 확인 후 시험체의 비산 정도를 확인할 수 있도록 비산 실험도 병행하였다.

부착강도 시험은 그림 3과 같이 시험체의 표면에 지름 80 mm, 공칭 깊이 12 mm인 금속으로 중앙에 갈고리가 부착된 원통형 접시를 단단하게 고정시킬 수 있는 종류(에폭시수지 또는 우레탄 수지)의 접착제를 사용한다.



Fig. 2. The shock test device.

결과 및 고찰

석면건축물의 해체제거 방법으로 석면으로부터 안전성을 확보할 수 있으나, 작업 후 석면잔재물에 대한 논란이 제기된바 비산안정화제를 사용하여 석면함유물질을 지속적으로 관리할 수 있는 대안 방안을 모색할 수 있다. 이에 비산안정화제에 대한 성능평가가 우선시 되어야함에 따라 다양한 실험을 실시하여 그 결과를 나타내었다.

1. 공기에 의한 석면 비산 시험

KSM에 의하면 천장재의 12.5% 면적을 인위적으로 훼손시킨 후 비산안정화제 처리하여 각각 풍동 비산정도를 측정된 표 1의 결과, 훼손된 천장재는 평균 0.836 ± 0.030 f-PCM/cc가 검출되었고, 비산안정화제 처리 후에는 불검출로 석면농도가 100.0% 감소하였다.

2. 비산안정화제 처리 후 충격 시험

표 2의 충격실험 결과 일반 천장재는 1회 충격시에도 파손되지만, 비산안정화제 처리된 천장재



Fig. 3. The test device of bond strength.

는 평균 5회 이상 충격을 받아야 파손이 되었으며, 충격시험 후 연계한 풍동시험에서는 일반 천장재에서 석면이 0.088 f-PCM/cc가 검출되었고, 비산안정화제 처리 된 천장재에서는 불검출 되어 비산안정화제에 의한 석면노출이 100.0% 감소됨을 확인할 수 있었다. 무게 0.5 kg의 추를 1 m 높

이에서 평균 5회 이상 충격을 주었을 때 천장재가 파손되어(비산안정화제 미처리된 대조군은 1회 충격시 바로 파손됨) 충격내성이 증가하였다.

3. 비산안정화제 처리 후 부착강도시험

부착강도시험에서 비산안정화제 처리 후 천장재

Table 1. Asbestos scattering test before and after using the anti-scattering agent

Sample	Asbestos concentrations before the anti-scattering agent treatment(f-PCM/cc)	Asbestos concentrations after the anti-scattering agent treatment(f-PCM/cc)	Scatter reduction rate(%)	Remarks
Blank	0.000	0.088	-	
1	0.076	0.000	100.0	
2	0.040	0.000	100.0	
3	0.055	0.000	100.0	
4	0.080	0.000	100.0	
5	0.123	0.000	100.0	
6	0.095	0.000	100.0	
7	0.145	0.000	100.0	
8	0.064	0.000	100.0	
9	0.074	0.000	100.0	
Avg.	0.084±0.033	0.000	100.0	Flux : 10 L/min Collection time : 1 hr Total Volume : 600 L

Table 2. Impact test after the anti-scattering agent treatment

Sample	Damaged condition after impact (number of time)	Asbestos concentrations of broken ceilings (f-PCM/cc)	Scatter reduction rate (%)	Remarks
Blank	1	0.088	-	
1	6	0.000	100.0	
2	6	0.000	100.0	
3	4	0.000	100.0	
4	5	0.000	100.0	
5	3	0.000	100.0	
6	6	0.000	100.0	
7	3	0.000	100.0	
8	5	0.000	100.0	
9	6	0.000	100.0	
Avg.	5±1.3	0.000	100.0	Flux : 10 L/min Collection time : 1 hr Total Volume : 600 L

의 부착강도 실험결과 표 3과 같이 평균 6.4 kg 중/5,408mm²으로 미국 ASTM 기준에 적합(미국 ASTM 환산기준 : 1.3 kg중/5,408mm² 이상) 하였다. 천장재에 비산안정화제 코팅 후 접착제를 이용하여 추를 매달 수 있는 갈고리를 부착하였고, 추의 무게를 증가시키면서 1분 이상 부착할 수 있는 강도의 세기를 측정하였다. 평균 추의 무게 6.4 kg중 이내까지 부착강도를 유지하여 미국 ASTM 기준에 적합하였다(10).

Table 3. Bond strength test after the anti-scattering agent

Sample	Bond strength (kg/5,408mm ²)	Remarks
1	4.0	
2	8.0	
3	6.0	
4	7.5	
5	6.5	USA ASTM Standard:2.4 kPa (1.3 kg/5,408mm ²)
6	7.5	
7	6.5	
8	6.0	
9	6.0	
Avg.	6.4±1.18	

※ 미국 ASTM 평가기준 2.4 kPa을 접착부위 5,408 mm²에 적용하여 계산된 1.3 kg중/5,408 mm²을 기준으로 설정

4. 실외 조경석의 비산안정화제 처리 후 경시변화

2015년 7월부터 2016년 4월까지 약 10개월 동안 물리적, 자연적인 실외 풍화작용(햇빛, 강우, 바람 등)을 고려한 조경석의 비산안정화제 성능효과를 살펴본 결과 29개 조경석 중 4개가 비산안정화제 코팅이 양호한 상태로 유지하였으나, 나머지 25개 조경석은 광분해, 풍화, 산화 등의 외부적인 요인에 의해 변색과 풍화작용이 나타났다. 그림 4에서와 같이 비산안정화제 처리 후 평균 5개월부터 비산안정화제 성능이 감소하는 경향이 나타났다.

석면건축물의 해체제거 방법으로 석면으로부터 안전성을 확보할 수 있으나, 작업 후 석면잔재물에 대한 논란이 제기된바 비산안정화제를 사용하여 석면함유물질을 지속적으로 관리할 수 있는 대안 방안을 모색할 수 있다. 이에 비산안정화제에 대한 성능평가가 우선시 되어야함에 따라 본실험을 실시하였다.

결론

1. 비산안정화제 처리로 석면노출 감소효과 확인할 수 있었다. 풍동시험에서 비산안정화제 처리한 천장재는 바람에 의한 비산성이 100.0% 감소하였고, 충격내성이 증가하였을 뿐만 아니라 파손에 따른 비산성도 감소하였다. 비산안정화제 처리한 천장재의 부착강도는 평균 6.4 kg중/8 mm² 이내를 유지하여 미국 ASTM기준에 적합하였다. 그리고 실외 조경석은 풍화작용으로 인해 평균 5개월 경과

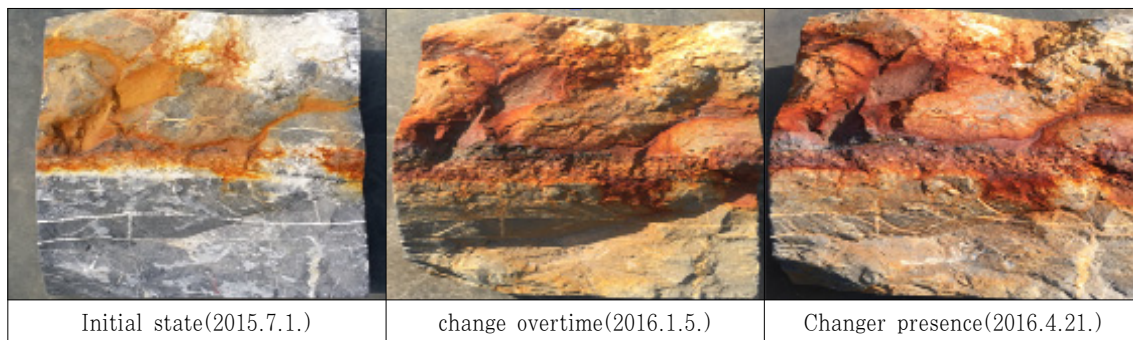


Fig. 4. Change overtime after the anti-scattering agent treatment.

- 후 비산안정화제 성능이 감소되었다.
2. 석면 비산안정화제의 성능효과를 확인하기 위한 제작된 시험 장치로 풍동, 충격, 부착강도 시험을 실시함으로써 국내에서도 비산안정화제 평가에 대한 표준시험방법이 확립될 수 있는 기반을 마련하였다. 향후 엄격한 비산안정화제의 품질관리가 이루어질 수 있도록 석면함유 건축자재에 적합한 시험항목 발굴이 요망된다.
 3. 실외 조경석은 외부적인 물리·화학·생물학적인 풍화작용과 시간경과에 따른 경시변화가 크므로, 이에 따른 비산안정화제 성능효과를 확인 할 수 있는 우리나라의 독자적인 시험 평가방법 선정이 필요하다.

참고문헌

1. 국립환경과학원 : 석면함유 건축자재 비산방지 관리방안 연구. p.1~2, 2010.
2. EPA : Asbestos-Containing Materials in Schools. 1987.
3. ASTM : E1494-92 Standard Practice for Encapsulations for Spray-or Trowel-Applied Friable Asbestos-Containing Building Materials. 2002.
4. 국토교통성 : 석면비산방지제의 인정 상황에 대해. 2008.
5. Chung-Sik Yoon : Critical Issues on Health Risk of Asbestos, J. Env. Hlth. Sci., 35(5):426~432, 2009.
6. 환경부 : 자연발생석 안전관리 가이드북. 2016.
7. 환경부 : 석면, 알면 대비할 수 있어요. 2016.
8. H.-S.Jung et al. : Evaluating Theefficiency of an asbestos stabilizer on ceiling tiles and the characteristics of the released asbestos fibers, Journal of Hazardous Materials, p.378~386. 2015.
9. 국가기술표준원 :석면 비산 방지제 성능 시험 방법(KS M 2757). 2014.
10. 임호주, 입정연, 정현성, 이주영, 이우석 : 석면함유 뿔칠재에 대한 석면비산안정화제 효율 평가 방안 연구. 한국실내환경학회지, p.345~353, 2012.
11. A.G.Wylie 등(4) : The importance of width in asbestos fiber carcinogenicity and its implications for public policy. J. of HYG. ASSOC., 54(5):239~252,1993.