

석면 비산안정화제의 성능평가 방법과 고형화

입자연구팀

배일상 · 이진호 · 이수현 · 강미혜 · 한규문 · 어수미 · 정 권

Performance Evaluation Methods for Asbestos Encapsulants and Asbestos Solidification

Particle Research Team

**Il-sang Bae, Jin-hyo Lee, Su-hyun Lee, Mi-hye Kang,
Kyu-mun Han, Soo-mi Eo and Kweon Jung**

Abstract

In this study, performance evaluation methods were investigated in relation to wind effects/wind pressure, impact resistance and artificial rainfall through processing/non-processing asbestos encapsulants collected in South Korea and other countries from indoor ceiling material and spray-applied friable asbestos, outdoor slate and asbestos landscaping stone. For an asbestos-containing substance, removal is preferred in principle rather than in practice, because this liberates breathable fragments. Therefore, when it cannot be removed, the use of encasement or encapsulant is necessary. The performance evaluation of the solidification method using encapsulants includes tests for penetration, adhesive strength, impact resistance, wind effects/wind pressure and fire resistance, as well as a test for the effects of artificial rain.

Key words : Encapsulants, Asbestos, Encasement, Solidification

서 론

석면은 내열성, 인장강도, 절연성 등이 우수해서 우리 생활 속에 다양하게 사용되고 있다. 가정, 상업 및 건축, 화재방지 조치에 이르기까지 많이 사용되는 천연광물이다. 석면은 사문석(Serpentine) 및 각섬석(Amphiboles) 광물에서 채취된 천연광

물로써 주성분이 규산마그네슘($Mg_6Si_4O_{10}(OH)$)으로 이루어진 섬유상 규산화합물이다. 석면은 사문석계열의 백석면(Chrysotile)과 각섬석계열의 청석면(Crocidolite), 갈석면(Amosite), 액티놀라이트(Actinolite), 트레몰라이트(Tremolite), 안소필라이트(Anthophyllite)등으로 분류되고 있다(1). 또한 석면은 가격이 저렴하기 때문에 천장재,

슬레이트, 벽면재, 보온단열재 등 건축자재 원료와 브레이크라이닝, 클러치페이싱 등 자동차 부품에 사용되었고, 실이나 테이프 등의 직포형태나 배관 보온단열재로 석면 방직제품으로 주로 사용되었다(2). 우리나라는 1970년대에 경제 발전을 시작하면서 석면 수입량이 1979년에 약 570만 톤, 1980년대에는 약 62만 톤, 1990년대에 약 70만 톤으로, 1971년 이후 2007년까지 약 210만 톤 정도가 사용되었다. 1970년대에는 약 96%의 석면이 건축자재 슬레이트로 사용되었으며, 1990년에 슬레이트와 건축내장재, 천장판, 석면판 등에 약 82%가 사용된 것으로 알려져 있다(3).

1950년대부터 석면의 위험성이 조금씩 알려지기 시작하였는데, 석면을 채굴하던 광부나 가공하던 공장 근로자들에게 석면폐, 폐암, 악성중피종(4, 5) 및 장 관련 암(6), 후두암(7), 유방암, 난소암, 신장암(8), 췌장암(9), 부고환암(10), 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 보고되고 있다(11).

최근 우리나라는 베이비파우더 등과 같이 탈크를 이용한 화장품(12), 도심의 하천에 사용된 조경석, 제철소 원료로 사용된 사문석 등 석면에 대한 사회적 관심이 매우 증가되고 있다. 환경부 조사에 따르면, 부산 인근 지역 석면 사용공장 주변의 악성중피종 발병률이 타 지역보다 높은 것으로 조사되었으며, 충남 지역의 석면광산 인근 주민의 경우 석면폐와 같은 질환이 발병하는 것으로 보고되고 있다.

환경부등 관계부처 합동 「석면관리 종합대책」에 따라 공공 및 다중이용시설, 농·어촌 주택에 대한 석면함유 건축자재의 사용실태를 조사한 결과, 공공 및 다중이용시설은 총 737개소 중 66%인 488개소에 석면함유자재를 사용하였으며, 123만동의 슬레이트 건축물 중 슬레이트 지붕재 사용 비율이 농·어촌 주택은 28.9%, 도심 13.6%인 것으로 조사되었다.

국내의 석면 규정은 석면함유 건축자재가 사용된 건축물의 경우, 지속적인 관리와 해체·제거가 주요 관리방안으로 제시하고 있으며, 건축물 철거·멸실 단계나 대규모의 개·보수 시 석면 해체·제거를 하고 있다.

그러나 미국, 일본 등에서는 석면함유 건축물의 안전하고 지속적인 사용을 위하여 건축물 관리를 위한 규정을 제시하고 있지만, 국내에서는 해체·제거 중심으로 규정되어 있어 건축물 관리에 대한 규정은 미비한 상황이다.

미국 EPA에서는 석면함유 건축자재의 상태를 점검하기 위하여 각종 규정을 두고 있으며, ASTM(American Society for Testing and Materials)에서도 석면 관리를 위해 시험기준을 제시하고 있다.

한편, 일본 국토교통성에서는 2006년 건축기준법에서 석면함유 건축물 관리를 위한 석면 비산방지제 인증제를 도입하여 현재까지 총 39종의 석면 비산방지제를 인증하였고, 일본의 건축물에 주로 사용된 뿔칠재의 석면 비산관리를 할 수 있는 규정을 명시하여 운영하고 있다(13~20). 호주는 APAS(Australian Paint Approval Scheme) Specification 1720(21)에 따라 석면이 함유된 슬레이트에 사용되는 제품의 성능평가 기준을 명시하고 있다. 이에, 국내에서도 석면 비산방지제 활용에 대한 필요성이 제시되고 있으며, 2009년 건설기술연구원에서는 나노실리카 및 알카리 이온을 이용하여 100% 무기질계 석면 비산방지제를 개발하였다.

국외 연구에서 석면함유 건축자재의 부식 및 풍속, 강우영향으로 인한 석면 노출에 관한 연구가 일부 있는데, 현장의 슬레이트 표면에 시료 채취기를 이용하여 바람을 일으켜 비산 실험연구를 하였고, 15~20년 노후화된 슬레이트에 이끼 및 조류 형성과 관련된 복원방법으로 Biocidal washes와 비산방지제를 이용한 관리 연구를 하였으며, 총 9종의 비산방지제를 이용하여 천장재, 벽면재, 지붕재 등을 대상으로 풍속영향 및 솔질영향 등의 비산 실험연구를 하였다. 또한 일본 건축기준법에서 인증한 석면 비산방지제 품질 관리규정에 의해 총 17종의 석면 비산방지제 처리 유·무의 뿔칠재를 대상으로 풍속실험을 하였다. 국내 연구에서는

슬레이트 지붕의 노후화에 따른 석면섬유의 방출량 연구와 4종의 석면비산방지제 처리 유·무의 뿜칠재를 대상으로 풍속 및 진동 실험연구, 1종의 석면비산방지제를 이용한 처리 여부에 따라 손상 유·무에 따른 천장재를 대상으로 풍속 및 진동 실험 연구가 진행되었다. 국외 연구는 시료채취 총 유량이 국내 실내공기질 시료채취 총 유량보다 낮은 단점이 있었으며, 국내 연구는 석면함유 건축 자재에 적용한 석면 비산방지제 수가 적다는 단점이 있어, 다수의 석면비산방지제로 환경영향인자를 고려한 연구가 필요하며, 석면 비산방지제 활용에 대한 필요성과 제시 및 개발을 추진하고 있다. 또한, 질병을 일으키는 석면 농도와 석면의 모양, 길이, 폭 등 비산 석면의 특성 또한 연구해야 할 과제로 사료된다.

본 연구에서는 국내 건축물에 주로 사용된 석면함유 건축자재에 대하여 이미 개발된 석면안정화제의 적용 가능성을 평가하여, 건축물 석면관리방안을 제시하고자 한다.

연구내용 및 방법

1. 국외 석면관리 기준조사

1) 국외현황

석면을 체계적으로 관리하는 미국, 일본의 관련 규정을 검토하여 건축물에서의 석면관리 관련 규정 및 운영현황을 조사하였다.

(1) 미국 관련 규정 및 기준

EPA에서 운영하는 AHERA, NESHAP, AHSARA 등 석면 관련 관리 규정과 ASTM의 석면관련 기준을 검토하여 석면 안정화제에 관련 기준을 검토하였다.

(2) 일본 관련 규정 및 기준

국토교통성, 후생노동성, 환경성에서 운영하는 석면관련 규정 중 석면관리 및 석면안정화제 관련 규정과 JIS에서 제시하고 있는 석면 안정화제 관련 기준을 검토하였다.

2. 풍속에 의한 석면 노출 평가

1) 시험재료

서울시 재건축 해체·철거현장에서 10년 이상 사용된 것으로 추정되는 천장재와 슬레이트를 선정하였다. 편광현미경을 이용하여 석면 종류와 함량 분석한 결과, 슬레이트는 10~15%, 천장재는 5%의 백석면이 함유되어 있었다.

석면 비산방지제는 일본산 1종(무기질계)과 국내산 3종(무기질계), 미국산 1종(유기질계), 그리고 영국에서 구입한 영국산 2종(무기질계 1종, 유기질계 1종) 총 7종을 선정하였다.

풍동실험에 사용하기 위한 천장재와 슬레이트의 시험체는 200×200 mm로 재단하였다. 재단한 시험체는 비산방지제 도포 처리와 처리하지 않은 시험체로 구분하였다. 무기질계와 유기 및 합성수지계의 석면비산 방지제 각각의 도포량과 건조시간을 적용하여 각 시험체에 도포하였다. 천장재 시험체의 경우, 손상과 무손상 시험체로 다시 구분하였다. 천장재의 손상기준은 AHERA(Asbestos Hazard Emergency Response Act : 미국 석면 긴급 대응법)의 1등급 “심한 훼손(Significant Damaged Condition)”인 전체면적의 10% 이상 훼손이 분포하는 손상(단, 구멍을 뚫지 않음)을 참고하였다. 전체 표면적(200×200 mm)의 10% 면적인 4000 mm²의 면적을 국부 손상시켜 천장재 시험체로 제작하여 실험하였다(그림 1).

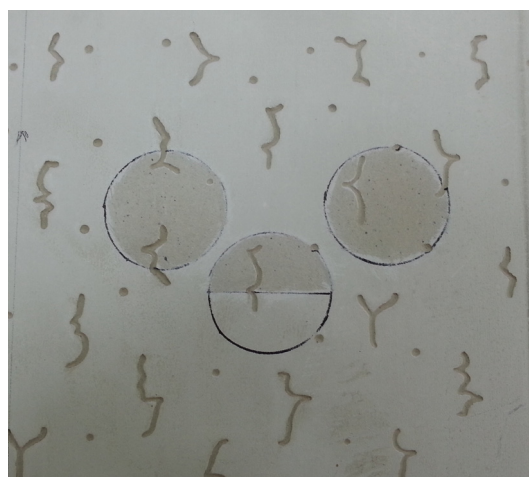


Fig. 1. Test Products.

풍속 및 진동의 변수를 적용하기 위해 일본 석면 대책 성능 평가위원회에서 석면 비산방지제 평가에 사용하는 풍동시험기와 한국건설기술연구원에서 실험한 풍동시험기를 참고하여 제작하였다. 풍동시험기는 석면함유자재인 천장재, 슬레이트의 탈착이 가능하고 상부 커버와 결속장치가 견고히 고정될 수 있도록 구성하였다. 하단부에는 360도 회전이 가능하고, 풍속을 일정하게 유지할 수 있는 공기 토출구를 설치하였다. 풍동시험기의 측면은 비산된 공기를 포집하기 위하여 멤브레인 필터가 삽입된 공기시료채취기를 설치하였으며, 하단의 공기배기구는 공기토출밸브로 유입되는 토출공기의 풍속과 압력을 일정하게 가할 수 있도록 하여, 공기 중 시료 채취기에 비산된 석면이 고르게 채취될 수 있도록 조절하였다.

2) 연구 방법

석면함유 천장재 및 슬레이트의 석면 비산방지제 처리 유·무의 풍속에 의한 석면 비산가능성을 평가하기 위하여 풍동실험을 실시하였다.

천장재의 경우 석면 비산방지제 처리 유·무의 천장재를 손상유무에 따라 풍동시험기에 장착한 후, 풍속 0 m/s, 5 m/s, 10 m/s로 유량 10 L/min, 1시간 동안 시료채취 하였다(표 1).

슬레이트의 경우 석면 비산방지제 처리 유·무의 슬레이트를 풍동시험기에 장착한 후, 기상청의 국내기후자료 중 2006년~2010년의 최대순간풍속최고치의 평균값 12.5 m/s, 최소 풍속 6.7 m/s를 참고하여 슬레이트 풍속 실험시 풍속 5 m/s, 10 m/s를 적용하여 유량 10 L/min, 1시간 동안 시료를 채취하였다. 시료채취는 MCE 필터(직경 25

mm, 공극 0.8 um)가 내장된 50 mm 카울(cowl)이 장착된 카세트(cassette)를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 국외 건축자재 비산 방지 관리 방안 및 제도

1) 미국

EPA는 Asbestos Hazard Emergency Response Act(AHERA) 규정을 1986년에 제정하여 교육 시설의 경우 석면조사를 실시한 후 석면함유 건축자재 상태에 따라 관리계획(management plan)을 수립하도록 하고 있으며, 6개월 주기로 석면함유 건축자재의 상태를 점검하도록 하고, 3년마다 재조사를 실시하여 건축물을 안전하고 지속적으로 사용할 수 있도록 하고 있다. 또한 Asbestos School Hazard Abatement Reauthorization Act(ASHARA)를 1992년 제정하여 기존 학교시설에서 상업/공공시설로 조사 및 관리하는 것을 권고하고 있다.

ASTM에서는 석면관리를 위하여 Encasement와 Encapsulation 방법을 권장하고 있으며, 뿔칠재의 분쇄를 위해 ASTM(E 1494-92)로 시험 기준을 제시하고 있다. 그러나 안정화제 제품을 위한 인증제도를 운영하고 있지는 않은 실정이다.

2) 일본

국토교통성은 석면사용규제 배경을 분사석면 등이 석면을 비산시킬 경우 건축물 이용자에게 건강상 피해를 유발할 수 있는 가능성 때문에, 건강피해 문제를 예방하기 위하여 2005년 10월부터 관

Table 1. Test condition for air erosion test

Material	Condition	Wind speed(m/s)	Asbestos stabilizer
Ceiling Tile	Good	0	Uncoat/Coat
	or	5	Uncoat/Coat
	Damaged	10	Uncoat/Coat
Slate	10years	5	Uncoat/Coat
		10	Uncoat/Coat

련규정을 개정하여 관리하고 있다. 규제대상은 분사석면 및 석면 함유 분사 암면을 주요 대상으로 하고 있다. 규제를 통해 중·개축 시에 있어서 석면 해체·제거 의무가 부여되며, 석면 비산 우려가 있는 경우 권고·명령 등을 통해 조치가 가능하며, 석면관련 된 보고, 청취·입회검사 및 정기보고 제도를 통한 열람을 가능하도록 하고 있다.

중·개축 시, 원칙은 석면의 제거가 의무이나, 중·개축 부분의 바닥 면적이 중·개축 전의 바닥 면적의 1/2를 넘지 않는 경우 중·개축 부분 이외의 부분에 대해, 봉쇄나 둘러쌈의 조치로 관리하는 것을 허용 하고 있다. 또한, 대규모 수선·모양 변경 시 석면은 해체·제거해야 하나, 교체 대상 이외의 부분에 대해서 봉쇄와 둘러쌈을 허용하며, 설치된 기계류에도 해당한다.

석면함유 건축자재를 비석면함유자재를 이용하여 석면이 비산되지 않도록 둘러싸(Encasement)는 조치의 조건은 다음과 같다.

첫째. 대상 건축재료는 판 등의 재료이며, 석면을 투과 시키지 않는 것, 통상의 사용 상태에 있어서의 충격 및 열화에 견딜 수 있는 것을 사용한다.

둘째. 둘러쌈에 이용하는 재료와 건축물 부분이 접하는 부분으로부터 대상 건축재료에 첨가된 석면이 비산하지 않게 밀착한다. 셋째. 유지·보전을 위한 점검구를 마련한다.

셋째. 대상 건축재료에 열화 또는 손상의 정도가 현저한 부분이 있는 경우에는 해당 부분으로부터 석면이 비산하지 않게 필요한 보수를 실시한다. 넷째. 석면함유 건축재료와 기초구조물과의 부착이 불충분한 부분이 있는 경우, 해당부분에 충분히 부착이 되도록 필요한 보수를 실시한다. 다섯째. 결로수, 부식, 진동, 충격 등에 의해, 대상 건축재료의 열화가 진행되지 않게 필요한 조치를 강구하는 것이다.

봉쇄(Encapsulant: 고형화, 안정화)에는 4가지 조건이 있다. 첫째. 대상 건축재료에 건축 기준법 제3조 2항에 근거하여 인정을 받은 석면 비산 방지제를 균등하게 내뿜거나 또는 함침 시키는 것. 둘째. 석면 비산 방지제를 적용한 건축재료는 통상적인 사용 상태에서 충격 및 열화에 견딜 수 있는 것. 셋째. 대상 건축재료에 석면 비산 방지제

적용 시 철거를 곤란하게 하지 않는 것. 넷째. 둘러쌈의 조건을 포함하는 것이다.

인증제도에 관해 살펴보면, 일본 국토교통성에서 건축 기준법 제 37조 2호에 “건축물의 기초, 주요 구조부 그 외 안전상, 방화상 또는 위생상 중요한 법으로 정하는 부분에 사용하는 목재, 강재, 콘크리트 그 외 건축재료로서 국토교통성 장관이 정하는 것”으로 지정하는 건축재료 중 석면 함유 건축자재에 대한 비산방지 조치로서 석면 비산 안정화제를 인정하고 있으며, 안정화제의 평가기관은 (재) 건재 시험 센터, (재) Better living에서 담당하고 있다.

석면 비산 방지 안정화제를 인증 받고자 하는 경우 평가기관의 시험결과를 석면대책 성능 평가위원회 심사를 받아 제품 성능에 대한 인증을 받은 후 국토교통성에 “내각 인증 신청”을 한다.

2. 석면 안정화제 기술 개발 현황

국내의 경우 석면 안정화제 제품에 대한 개발이 미비한 상황이며, 일부 일본제품을 수입하여 판매를 추진하고 있는 것으로 조사되었다. 2009년 건설기술연구원은 국내 관련 업체와 함께 나노실리카 및 알카리 이온을 이용하여 100% 무기질계 석면 안정화제 제품을 개발한 것으로 보고(건설기술연구원 2009)되었으나, 자세한 작용 기작을 제시하지 않은 것으로 조사되었다.

일본에서는 2006년 이후, 2010년 6월까지 총 39종의 석면 비산 안정화제가 인정되었으며, 성분을 기타(44%)를 제외한 무기질계 23%, 합성수지계 20% 가장 많은 것으로 조사되었고, 작용기작은 내부침투 고형화형이 77%로 가장 많은 것으로 조사되었다.

3. 안정화제 평가 기준

미국 ASTM 석면 안정화제의 성능 실험은 실험실 내 실험과 현장실험으로 나뉘 제시하였으며, 성능검사 항목은 부착강도, 침투깊이, 내화성, 내충격성, 표면연소 특성으로 총 5가지 성능검사 기준은 (표 2)와 같다.

일본에서 석면 비산 방지제에 대한 성능 평가 및 인정 규정 마련되어 있다.

4. 석면함유 건축자재 비산 관리 방안

국내 건축자재의 석면함유물질 사용실태와 국외 관련 규정조사 및 석면안정화제 적용가능성을 평가하여 다음의 분야에 대한 관리방안을 제시하고자 한다.

석면함유 뿔칠재의 경우 석면함유 보온재와 함께 비산성이 가장 높은 건축자재로 분류되고 있어, 미국 및 일본의 관련 규정에서는 주요 관리 대상 건축자재로서 엄격한 관리를 권고하고 있다. 우리나라에서도 뿔칠재의 노후화로 인한 비산성 주기적 점검과 해체·제거 이전까지 안전한 관리를 위한 적극적 둘러쌈(Encasement)과 봉쇄(Encapsulant)방법을 적용하여야 한다.

석면함유 천장재와 벽면재는 표면의 손상이 없는 경우 석면이 자재로부터 비산 될 수 있는 가능성은 낮다.

천장재의 전면 부분은 실내공간과 연계되어 있으므로, 전면부 표면 손상 시 기류의 흐름으로 인해 미량의 석면이 공기 중으로 노출될 수 있다. 이러한 표면 손상 시 관리 방안은 다음과 같다. 교체 및 해체·철거 이전까지 천정재 전면 부위 둘러쌈

(Encasement)과 봉쇄(Encapsulant)를 통해 비산 방지 관리한다. Encasement의 예는 벽지 이용이며, Encapsulant는 실내공기 오염물질을 방출하지 않는 페인트 이용과 비산안정화제 살포 등의 방법이 있다.

벽면재의 경우 제품 단계에서 석면 노출이 되지 않도록 제품이 둘러쌈 형태로 제조되는 경우가 대부분으로, 석면함유 부분이 손상되어도 외부로 노출되지 않는 경우 별도의 조치는 필요하지 않으며, 노출 시 천정재와 같은 관리방안을 적용한다.

슬레이트는 압출 성형된 파형의 형태로 외부에 노출되어 햇빛, 강우 및 바람에 의한 풍화작용에 의해 공기 중으로 석면이 비산 될 가능성이 있는 것으로 보고되고 있다. 이에 대한 관리방안은 다음과 같다. 우선적으로 해야 할 것은 노후화된 슬레이트의 해체·제거를 통한 지붕재 교체이며, 그렇지 않을 경우 교체 이전까지 석면 비산관리를 위한 둘러쌈과 봉쇄(Encapsulant)가 있다. Encapsulant의 경우 농·어가의 경제적 현실을 고려한 페인트를 사용할 수 있으며, 석면비산안정화제를 이용한 고형화가 있다.

Table 2. The standards of ASTM(1492-92)

Test	Standards
Adhesive strength	The force required to cause failure of the encapsulated matrix shall not be less than the adhesion or cohesion force required to cause failure of the unencapsulated matrix, and in no case shall the load be less than 2.4 kPa(50 lbf/ff ²).
Penetration depth	If penetration to a depth of matrix more than 26 percent occurs, the product is classified as a penetrating encapsulant. Products having lesser penetrations are classified as bridging encapsulants ※ The sprayed material of specimen thicknesses in ASTM:10~40 mm
Fire resistance	· The sprayed material with the encapsulating agent in place shall not fall from the steel deck during the fire test · If the endpoint of the fire test on the steel deck protected with the encapsulated sprayed material does not differ unfavorably from the endpoint of the fire test on the steel deck protected with the unencapsulated sprayed material by more than 10%, the encapsulant shall be deemed not to affect the fire-resistance rating of an assembly protected with sprayed material
Impact resistance	The force to produce a minimum penetration into the encapsulated matrix of 7.6 mm shall not be less than 43 in.·lbf
Surface burning	· The surface flamespread shall not be greater than 25. · The smoke developed values shall not be greater than 50. · All encapsulants shall be water insoluble after curing.

미국 ASTM은 석면 비산 안정화제 품질 기준을, 일본은 인증제도를 운영하고 있다.

국내의 경우 최근 관련 제품이 개발되어지고 있으며, 이에 대한 수요가 증가될 것으로 판단된다. 그러나 현재 관련 인증제도가 국내에 없는 관계로 미국과 일본의 품질인증기준을 고려한 한국형 인증제도 도입이 필요하다.

5. 풍속에 의한 석면 노출평가

천장재의 석면 비산방지제 처리 유·무에 따른 PCM 농도를 비교하면 다음과 같다.

무손상 천장재를 대상으로 한 석면 비산방지제 처리 유·무에 따른 PCM 농도는 풍속이 5 m/s 일 때 석면 비산방지제 무 처리(0.007 f-PCM/cc)보다 석면 비산방지제 처리 후(0.000 f-PCM/cc)의 PCM 농도가 100% 감소하였으며, 10 m/s 변수일 때 석면 비산방지제 무 처리(0.016 f-PCM/cc)보다 석면 비산방지제 처리 후(0.000 f-PCM/cc)의 PCM 농도가 100% 감소하였다.

손상된 천장재를 대상으로 석면 비산방지제 처리 유·무의 PCM 농도 결과, 5 m/s와 10 m/s 변수에서 석면 비산방지제 무 처리 농도보다 처리 후의 비산 농도가 98.9~100% 감소하였다(표 4).

결 론

본 연구에서는 석면함유 건축자재를 사용하고 있는 건축물의 안전하고 지속적인 관리 및 사용을 위하여 국내 석면함유자재 사용 현황을 고려하여 석면 안정화제 적용 가능성을 평가하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 국내의 경우 관련 규정이 석면 해체·제거에 중점화되어 막대한 처리비용이 든다. 따라서 일본의 경우처럼 건축물 개·보수 시 Encasement (둘러쌈)과 Encapsulant(봉쇄) 방식이 적극 적용할 수 있도록 규정이 보완되어야 할 것이다.

Table 3. The standards of stabilizer assesment in Japan

Test	Standard
Density and viscosity	Fixed density and viscosity depend on the stabilizer
Spread	Fixed spread mass and method
Wind affection	friable asbestos and fiber concentration 4 f/L less than in wind situation.
Impact resistance	When impacted on the test sample by solid, the depth of sunken area is less than that of comparison test and stabilizer is not seceded
adhesive strength	When applied tensile strength on the test sample, adhesive strength is higher than comparison test sample

Table 4. Asbestos Concentration of air erosion test in ceiling tile by PCM

Ceiling tile		Uncoat(N=6)	Coated(N=6)
Condition	Variable	Mean	Mean
Good	5 m/s	0.007	0.000
	10 m/s	0.016	0.000
Damged	5 m/s	0.039	0.000
	10 m/s	0.092	0.001

2. 일본의 경우 뿜칠재 관리를 위해 안정화제 사용을 권장하기 위하여 제품에 대한 인증제를 운영하고 있으며, 2006년 이후 39종을 인증하고 있다. 성분은 무기질계 23%, 합성 수지계 20%로 조사 되었으며, 작용기작은 내부침투 고형화형 77%로 가장 많은 것으로 조사되었다. 국내의 경우 현재 석면관련 안정화제 개발의 초기 단계에 있으며, 향후 추가적인 기술 개발 추진 시 뿜칠재뿐만 아니라 슬레이트 및 천장재와 같은 압출 성형 시멘트 판에도 적용 활용할 수 있는 제품 개발을 유도하여야 한다.
3. 미국 ASTM은 인증제는 운영하고 있지는 않으나 개발된 제품의 품질 기준을 제시하고 있으며, 일본은 인증제를 통해 관리하고 있다. 미국 ASTM은 부착강도, 침투력, 내화성, 내충격성, 표면연소 특성에 대한 평가 기준을 운영하고 있으며, 일본의 경우 제품의 밀도 및 점도, 풍동시험, 부착강도, 내충격성에 대한 시험기준을 제시하고 있다. 국내에서도 국산품 및 외국제품의 국내 판매를 위해 국내 실정에 맞는 검증제도를 하루 빨리 도입해야 할 것이다.
4. 손상된 천장재를 대상으로 석면 비산방지제 처리 유·무의 PCM 농도 결과, 5 m/s와 10 m/s 변수에서 석면 비산방지제 무 처리 농도보다 비산방지제 살포 후의 비산 농도가 98.9~100% 감소하였다.
5. 한국산업위생학회지, 8:242~53, 1998.
4. Doll, R : Mortality from lung cancer in asbestos workers, Br J Ind Med, 12: 81~86, 1995.
5. Wagner, JC, Sleggs, CA and Marchand, P : Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure on the North Western cape province, Br J Ind Med, 17:260~271, 1960.
6. Frumkin, H and Berlin, J : Asbestos exposure and gastrointestinal malignancy review and meta-analysis, Am J Ind Med, 12:79~95, 1988.
7. Stell, PM and Mcgill, T : Exposure to asbestos and laryngeal carcinoma, J Larygol Otol, 89:513~517, 1975.
8. Maclure, M : Asbestos and renal adenocarcinoma: a case-control study, Environ Res, 42:353~361, 1987.
9. Selikoff, IJ and Seidman, H : Cancer of the pancreas among asbestos insulation workers, Cancer, 47:1469~1473, 1981.
10. McDonald, RE, Sago, Al, Novicki, DE and Bagnall, JW : Paratesticular mesotheliomas, J Urol, 130:360~361, 1983.
11. Lippmann, M : Asbestos exposure indices, Environ Res, 46:86~106, 1988.
12. 환경부 보도자료 : 석면 1% 이상 함유된 탈크의 수입·제조 금지, 2009.
13. 국토교통성 : 석면비산방지제의 인정상황에 대해, 2008.
14. 국토교통성 : 봉쇄 및 확보 조치의 기준을 정하는 고시, 제1168호. 2006.
15. 국토교통성 : 봉해 및 둘러쌈의 조치의 기준을 정하는 고시, 제1173호. 2006.
16. 건재시험센터 : 건축재료의 품질 성능 평가 업무 방법서, 2000.
17. 건재시험센터 : 성능평가에 있어서 아스베스토(Asbestos) 봉쇄제의 시험, 2007.
18. 건재시험센터 : 아스베스토(Asbestos) 비산방지 처리제의 성능평가, 2007.

참고문헌

1. Langer, AM and Nolan, RP. Chrysotile : Its occurrence and properties as variables controlling biological effects, Ann Occup Hyg, 38:427~451, 1994.
2. 박정임, 윤충식, 백남원 : 석면방직업 근로자의 석면노출 실태와 과거농도 추정에 관한 연구. 한국산업위생학회지, 5:16~39, 1995.
3. 최정근, 백도명, 백남원 : 우리나라의 석면 생산과 사용 및 근로자수와 노출농도의 변화.

19. 일본석면협회 : 석면과 관련되는 법규 등, 2009. Institute of Japan, 1989.
20. Murakmi, H : Development of the cohesive/ adhesive test and the impact test for evaluating encapsulants, Architectural
21. APAS Specification 1720 : Encapsulation System For Asbestos Cement Shetting, 2007.