https://doi.org/10.14190/MRCR.2020.15.2.035

건설 해체 현장 내 석면 안정화제 적용 기술 소개

Application of Asbestos Stabilization Technology in Construction/ Demolition Site

하주연 Joo-Yeon Ha
한국산업기술시험원
재료기술센터 연구원
E-mail : hjyeon@ktl.re.kr

신현규 Hyun-Gyoo Shin
한국산업기술시험원
재료기술센터 센터장
E-mail : hgshin@ktl.re.kr

1. 머리말

국내에서 사용된 석면의 대부분은 수입된 것으로서 수입 석면량의 82 % 가량이 건축내장재, 천장재, 바닥재, 지붕재, 보온단열재, 흡음재 등의 건축자재 제조에 사용되었으며, 이렇게 제조된 건축자재는 건축물에 적용된 후 현재까지 잔존하고 있어 석면 비산으로 인한 위험성에 노출되어 있는 상황이다.

또한, 2012년 4월부터 기존 건축물의 석면건축자재 관리를 위한 석면지도 작성의 의무, 건축물 석면관리인의 지정, 석면 건축자재 함유 건축물의 공기 중 석면의 농도, 석면 해체를 위한 감리제도 도입, 그리고 석면 정책의 장기적 관리를 위한 중장기 관리계획 수립 등을 주내용으로 하고 있는 "석면안전관리법"을 제정하여 시행하고 있다.

이러한 위험을 극복하기 위한 가장 이상적인 방법은 기존 석면 함유 건축자재를 해체 제거 및 무석면 건축자재로 교체하는 것이나, 그 양이 방대하여 시간적, 경제적으로 엄청난 비용이 소모된다. 이에 따라 최근 노후된 석면 함유 건축자재(내장재)의 유지 보수를 위해 습윤제 개념의 무기계 석면 안정화제의 수요 및 적용처가 점차 증가하고 있는 추세이다.

석면 안정화제는 비산방지제의 개념으로 석면 함유 건축자재 표면에 물리적으로 흡착하여 석면 미세 섬유를 고착화 시켜 비산을 방지하는 약품으로 석면을 함유한 건축물의 안전하고 지속적인 사용을 목표로 한다.

본 원고에서는 주요 석면 함유 건축자재인 천장재에 대하여 석면 안정화제의 내구성 평가 기준을 설계 및 확립하고 이에 따라 국내외 시판중인 다양한 종류의 석면 안정화제 상용품을 대상으로 성능 평가기술을 소개하였다.

$$\text{석면비산방지율(내구성)} = \left(\frac{\text{무처리 시험체 석면 개수} - \text{처리 시험체 석면 개수}}{\text{무처리 시험체 석면 개수}}\right) \times 100\,(\%) \qquad \text{(Equation)}$$

2. 석면 안정화제 성능 평가 방법

1) 기초특성 평가

본 연구에서 대상으로 하는 석면 안정화제는 무기계 액상 형태로 석면 함유 건축자재 내부에 침투하여 재료 내의 석면 섬유와 물리화학적 반응을 통해 비산을 방지하는 메커니즘이다. 따라서 안정화제의 성능 및 내구성능에 있어서 표면에서의 침투성이나 재료 내부로 흡수되는 양상이 중요하다.

2) 성능 평가

석면 안정화제의 성능 평가를 위해 제작된 진동 및 에어로존 시험 장치는 <그림 1>(a)와 같다. 장치 상부에 판상형 시험체를 설치하고 압력차 95 kPa의 공기를 균일하게 분사시키면서 장치 내부의 공기를 0.8 μm 규격의 멤브레인 필터에서 10 L/min의 유속으로 60분 동안 채취하였다. 채취한 필터를 대상으로 실내공기질공정시험기준(ES 02303 1b) 위상차 현미경법을 이용하여 비산농도를 측정하였다. 무처리 시험체는 실제 천장텍스의 석면 비산농도를 기준으로 비산농도가 평균 0.04 개/cc 이상이 되도록 <그림 1>(b)와 같이 전처리하였다.

3) 내구성 평가

석면 함유 건축자재는 내장재(천장재)로써 습도 및 온도를 석면 안정화제 내구성 평가를 위한 가속인자로 설정하였고, 도료 및 관련제품의 내후성 시험 규격 및 기상청 통계자료에 근거하여 습도 95 %RH, 온도 60 ℃, 온 습도 동시인가의 가속 조건에서 120시간(5일), 240시간(10일), 480시간(20일)의 유지기간을 시험조건으로 설계하였다.

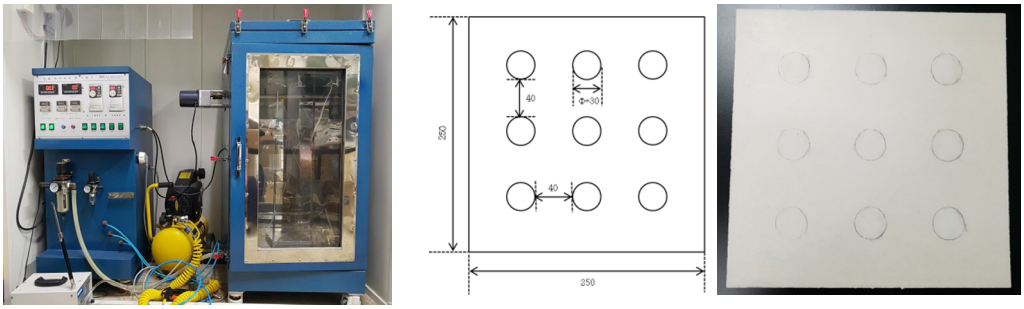
3. 석면 안정화제 성능 평가 결과

3.1. 석면 안정화제의 기초특성

고형분 함량은 전체적으로 10~18 wt%, 밀도는 0.99~1.20 g/cm^{3}로 석면 안정화제 제품 모두 비슷한물성을 나타냈으며, pH의 분포는 pH 11~12로 강한 알칼리성을 띄었다. ASTM D1200-10: Standard Test Method for Viscosity by Ford Viscosity Cup에 따라 측정한 점도는 9.56~12.08 초로 분포하였다. 점도가 낮을수록 자재 내부 침투성능이 증가하지만 석면섬유의 봉합 및 고착 효과가 떨어질 수 있으며, 고점도인 경우 침투성능은 떨어져도 자재 표면의 코팅 효과를 나타내는 등 이와 같이 점도 특성에 따라 석면 안정화제의 비산 메커니즘이 달라질 수 있다. 또한, X선 형광 분석기(X-ray fluorescence, XRF)(ZSX100e, Rigaku,Japan)를 이용하여 성분 분석을 실시한 결과 석면 안정화제에서 공통적으로 Si, Na, K 성분이 다량 검출되었고, 이는 무기계 안정화제의 기초 물질로 알려진 Na 및 K가 Si와 다양한 방식으로 결합된 규산염이 주된 성분을 이루고 있기 때문인 것으로 판단된다.

3.2. 습도에 대한 석면 안정화제 내구성 평가

상대 습도 95 % 인가 조건에서 5일 동안 유지할 경우에는



(a) (b)

그림 1. Test equipment and specimen for asbestos stabilizer performance evaluation

실내공기질기준을 만족하는 결과(평균 0.061 개/cc)를 보이며, 유지 기간 10일의 경우에도 안정화제 종류별로 약간의 차이는 있지만 기준치 이하인 평균 0.0094 개/cc로 나타났다. 하지만 95 %RH 조건의 챔버에서 20일 동안 유지한 경우, 앞선 5, 10일에서의 성능평가 결과와 달리 기준치를 초과하는 석면비산 평균농도(0.0129 개/cc)를 나타내며 석면비산 방지율이 69 %까지 감소하였다. 습도 인자에 대한 석면 안정화제의 내구성 평가 결과, 습도가 높은 환경에 오래 방치될수록 내구성능이 감소하며, 공기 중으로 비산되는 석면의 농도가 높아지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다.

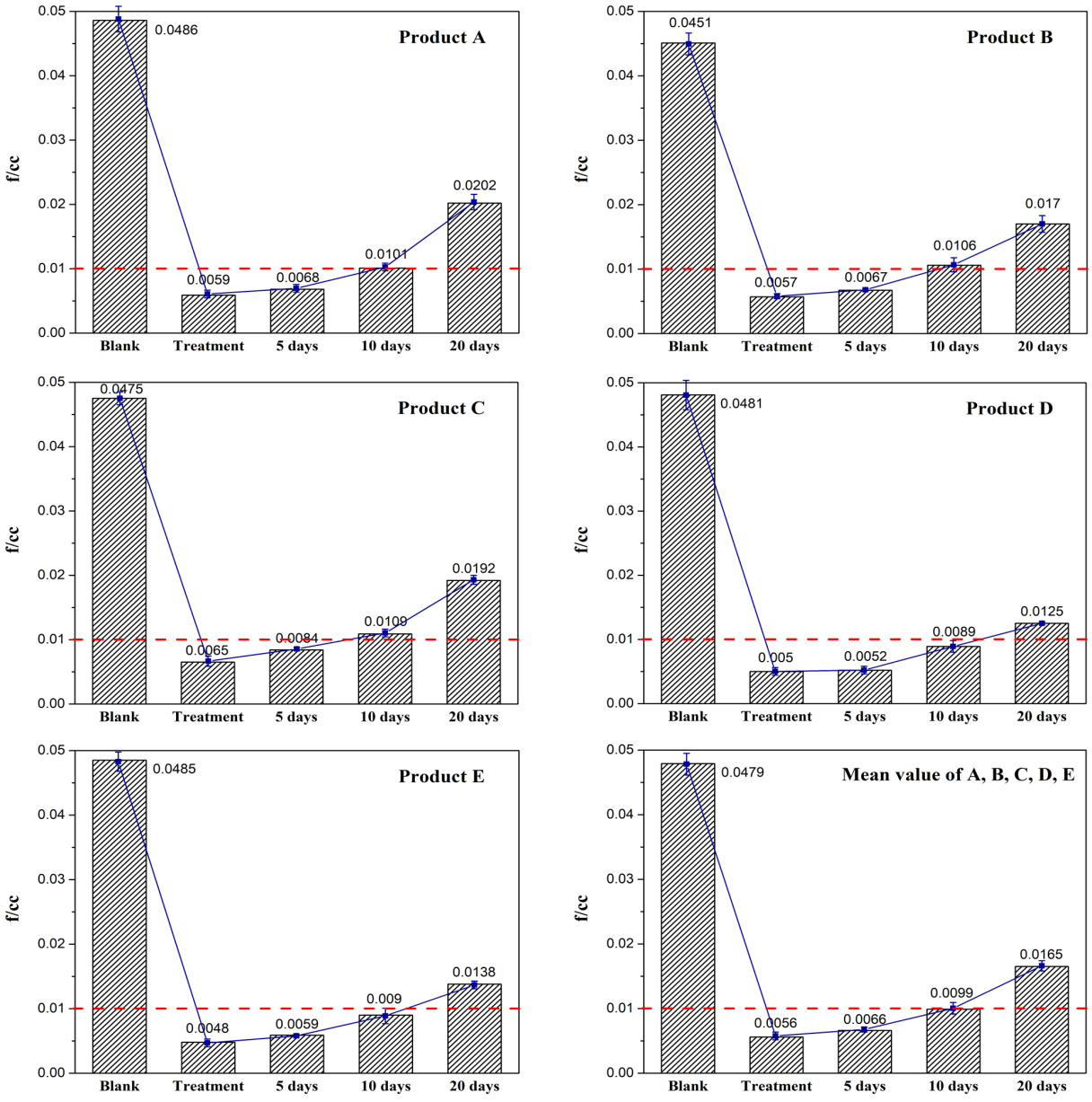


그림 2. Durability evaluation results of asbestos stabilizer against temperature and humidity factor

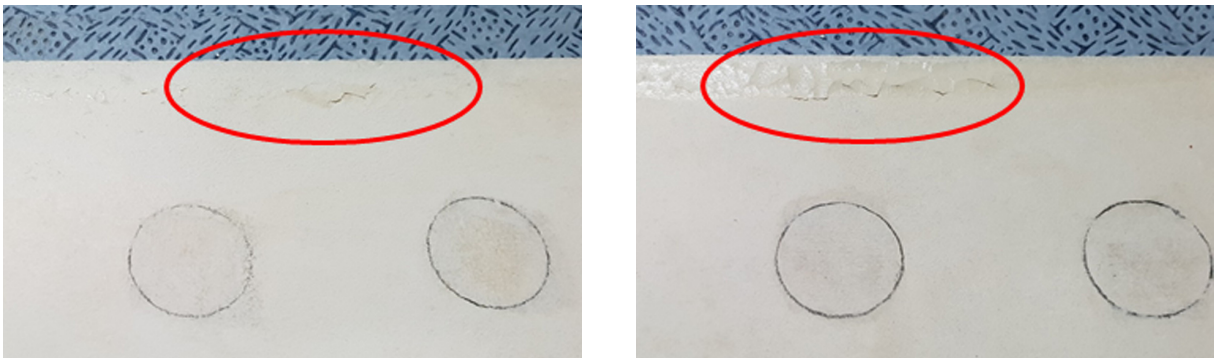


그림 3. Comparison of appearance of specimens maintained for 20 days under (a) single(humidity) and (b) complex stress(humidity and temperature) conditions

3.3. 온도에 대한 석면 안정화제 내구성 평가

석면 안정화제를 처리할 경우 평균 비산농도는 0.0053 개/cc로 습도 시험에서의 무처리 및 처리 직후 데이터와 거의 일치하는 결과로써 비교를 위한 전제조건이 성립함을 확인하였다. 60 ℃에서 5일 유지한 후 성능평가를 실시한 결과 실내공기질기준을 만족하였으며(평균 0.0059 개/cc), 처리 직후와 비교해도 큰 차이를 보이지 않았다. 10일, 20일 동안 같은 조건에서 유지한 경우에도, 안정화제 종류에 따라 약간의 차이는 보이지만 큰 증가폭은 보이지 않았다.

3.4. 온도 및 습도 동시인가에 따른 석면 안정화제 내구성 평가

습도와 온도 각각의 단일 인자에 의한 내구성 평가 결과를 통해 석면 안정화제의 내구성능이 온도에는 거의 영향을 받지 않으나 습도 인자에 대해서는 크게 영향을 받아 습도가 주요 열화 인자로 작용함을 확인하였다.

실제로 온 습도 동시인가에 따른 내구성능 평가 결과, 유지기간 5일 및 10일까지는 거의 유사한 성능치를 나타냈으나, 온 습도 동시인가 조건에서 20일 동안 유지한 후 성능평가 결과(0.0165 개/cc)는 습도 단일 조건 결과(0.0129 개/cc)와 비교하여 급격하게 저하된 비산성능을 나타냈다. 이는 습도에 의한 열화가 지속적인 고온 환경에서 보다 촉진되어 나타나는 시너지 효과라고 판단되며, <그림 3>에 나타난바와 같이 복합 스트레스에 의한 열화 메커니즘은 습도에 의한 열화 메커니즘과 동일함을 확인할 수 있다.

4. 맺음말

석면 안정화제는 비산방지제의 개념으로 석면 함유 건축자재 표면에 물리적으로 흡착하여 석면 미세 섬유를 고착화시켜 비산을 방지하는 약품으로써 석면을 함유한 건축자재의 안전하고 지속적인 사용을 목표로 한다.

온도 및 습도 동시 인가에 따른 내구성 평가 결과 습도 단일 인자에 따른 내구성 평가 결과와 매우 유사한 경향을 나타냈으나, 유지기간 20일에서 석면 비산농도가 급격히 증가하여 보다 저하된 성능치를 나타냈다.

이에 결론적으로 석면 안정화제의 열화는 다습 조건에 지속적으로 노출될 경우 표면에 코팅된 안정화제가 수분에 의해서 재용해되어 증발하거나 코팅층이 벗겨지기 때문이며 이러한 열화는 고온 환경에서 가속되어 나타날 수 있다.

따라서 석면 안정화제 내구성능을 향상시키기 위해서는 내수성 및 발수성을 부여할 수 있는 첨가제를 적용하는 등의 습도 저항성을 향상시킴으로써 여름철 고온 다습 환경에 의한 석면 안정화제의 내구성능 저하를 개선시키는 연구가 필요하다고 사료된다.

담당 편집위원 : 김태형(한국건설기술연구원)