

석면-X선 회절기법

2010

(Asbestos-X-ray Diffractometer Method)

1.0 개요

1.1 목적

X선 회절기를 이용하여 시료 중 석면의 특정한 회절 피크의 특성을 관찰하여 정성 및 정량분석을 하기 위한 것이다.

1.2 적용범위

고형폐기물을 포함한 건축자재의 분석에 사용되며 유기, 무기성분의 조합으로 된 모든 석면함유 물질에서 석면 유무를 판단할 수 있다. X선 회절기로 판단할 수 있는 석면의 정량범위는 0.1 ~ 100.0 wt % 이다.

1.3 간섭물질

간섭물질로는 클로라이트(chlorite), 세피오라이트(sepiolite), 석고(gypsum), 섬유소(cellulose), 탄산염(carbonates), 탄산칼슘(CaCO_3), 활석(talc) 등이 있어, 7.2.1 ~ 7.2.3과 같이 회화, 염산, 용매 처리방법을 선택하여 간섭물질을 제거한다. 또한 안티고라이트(antigorite), 리자다이트(lizardite)는 백석면(chrysotile), 할로이사이트(halloysite), 카올리나이트(kaolinite)는 갈석면(amosite)과 동일한 X선 회절피크를 가지고 있는 물질이므로 확인이 필요하다.(표 1)

2.0 용어정의

2.1 연속 주사(continuous scan)

입력된 주사속도에 맞춰 카운터가 움직이면서 회절강도를 계수하는 방법이다.

2.2 단속 주사(step scan)

정해진 각도 위치마다 카운터가 고정되어 몇 초 내지는 몇 십초 동안 회절강도를 측정하는 방법이다.(표 1)

3.0 분석기기 및 기구

3.1 X선 회절기

3.1.1 전류전압 안정기

3.1.2 주사모드(scan mode)

속도, 범위 조절 가능

3.1.3 X선 튜브

구리 타겟(copper target), 1 ~ 3 kW

3.1.4 고니오미터(goniometer)

광학계, 필터, 단색화 장치로 구성

3.1.5 X선 검출기

Xe, Kr, Ar 등을 이용한 계수관(counter) 또는 이와 동등한 것

3.1.6 자료 출력 장치

그림과 문자 출력 지원 가능

3.1.7 시료 회전장치

시료 5개 이상 설치 가능

3.1.8 기기교정 표준시편(instrument calibration reference specimen)

3.2 기구

3.2.1 플라스틱 용기

폴리프로필렌 또는 폴리에틸렌 재질의 백 또는 병

3.2.2 분쇄기

냉동분쇄가 가능한 것

3.2.3 체(sieve)

100 μm , 10 μm

3.2.4 분석용 저울

0.01 mg까지 측정가능

3.2.5 전기로

실온 ~ 500 $^{\circ}\text{C}$

3.2.6 삼각플라스크(마개) 또는 비커(시계접시)

50 ~ 100 mL

3.2.7 초음파 욕조

5 L 이상

3.2.8 자력교반기

50 ~ 300 rpm 이상

3.2.9 가열기

실온 ~ 150 °C

3.2.10 여과지

직경 25 mm, 기공크기 0.45 μm , 재질은 은(silver) 또는 유리

3.2.11 여과장치

25 mm 여과지 홀더용

3.2.12 데시케이터

실리카겔용

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

4.1.1 2-프로판올(2-propanol, $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, 분자량 : 60.10)

4.1.2 계면활성제

OT-100 또는 이와 동등한 것

4.1.3 염산(hydrochloric acid, HCl, 분자량 : 36.46)

4.2 표준용액

4.2.1 표준시료

백석면(chrysotile), 청석면(crocidolite), 갈석면(amosite) 등의 순도 있는 시판용 표준시료

5.0 시료채취 및 관리

5.1 안전사항

5.1.1 시료의 채취는 미세한 석면 섬유를 차단할 수 있는 HEPA(HEPA)필터류가 설치된 마스크와 보호복 등 모든 보호 장비를 구비한 후 채취한다.

5.1.2 시료의 채취는 물을 분무하는 등 가능한 섬유발생이 적도록 조치하거나 섬유방출이 많은 고속드릴을 사용하거나 망치로 분쇄하는 등의 채취방법은 피한다.

5.2 시료의 채취

5.2.1 일반적 요령

5.2.1.1 시료 채취의 일반적 요령은 ES 06130 시료의 채취 중 3.1에 따른다.

5.2.1.2 여러 개의 시료를 채취 시 서로 오염의 영향을 주지 않도록 채취도구나 보호 장비 등의 사용에 주의를 기울인다.

5.2.2 채취도구

5.2.2.1 채취도구는 시료의 채취과정 또는 보관 중에 침식되거나 녹이 나는 재질의 것을 사용해서는 안 된다.

5.2.2.2 채취도구는 석면 의심 함유 재질의 일부를 절단할 수 있는 도구와 집게 및 시료가 날리지 않게 밀봉할 수 있는 용기를 준비한다.

5.2.2.3 여러 개의 시료를 채취할 때는 서로 오염이 없도록 충분한 숫자의 채취도구를 준비하거나 안전하고 깨끗한 세척과정을 거쳐 사용한다.

[주 1] 세척과정은 HEPA필터가 설치된 후드 안에서 공기 흡입방식과 물에 젖은 종이 또는 형짚으로 세척 작업을 병행한다. 물로 세척하는 경우에는 물에서 석면을 제거하는 시설 또는 장치를 갖추어야 한다.

5.2.3 시료용기

시료 용기에 대한 사항은 ES 06130 시료의 채취 중 2.1에 따른다.

5.2.4 발생원에 따른 시료의 채취방법

5.2.4.1 건축 또는 시설물에서 직접 채취하는 하는 경우

대상 건물 또는 시설 단위별로 재질의 용도와 형태별로 구분하여 한번에 일정량씩을 채취한다.

5.2.4.2 건축 또는 시설물의 재질이 혼합되어 있는 경우

폐기물 처리를 위해 적재되어 있는 곳이나 운반 단위별로 석면 함유가 의심되는 재질을 선택하여 한번에 일정량씩을 채취한다.

5.2.4.3 제조 또는 가공 공정에서의 경우

제조 또는 공정단위별로 발생 폐기물을 채취한다.

5.2.4.4 석면함유 의심 폐제품의 경우

5.2.4.4.1 소형크기

제품별로 채취하고 채취자가 시료량이 부족하다고 판단하는 경우에는 가능한 경우 2개 이상을 채취한다.

5.2.4.4.2 대형크기

제품별로 채취하되 시료의 무게나 형태로 인해 운반의 어려움 등이 있어 제품별로 채취하기가 곤란할 경우에는 석면 함유가 의심되는 재질을 별도로 분리하여 채취한다.

5.2.4.5 매립 또는 폐기된 폐기물의 경우

발생단위별로 석면 함유가 의심되는 재질들을 선별하여 한번에 일정량씩을 채취한다.

5.2.5 시료의 양

시료의 양은 1회에 최소한 면적단위로는 1 cm^2 , 부피단위로는 1 cm^3 , 무게단위로는 2 g 이상 채취한다.

5.2.6 시료의 수

5.2.6.1 건축 또는 시설물의 경우, 재질의 용도와 형태별로 구분하여 시료의 수는 다음 표 2에 따른다.

5.2.6.2 폐기물의 생성 또는 처리되는 공정이 적정하게 관리되고 있으며 성상이 균일할 경우에는 임의의 시료를 채취할 수 있다.

5.2.6.3 폐기물이 적재되어 있는 곳이나 운반차량에서 시료를 채취할 경우에는 적재 폐기물중 석면 함유가 의심되는 재질을 선택하여 시료를 채취하고 채취 개수는

ES 06130 시료의 채취 중 3.7.3에 따른다.

5.2.7 시료의 보관

5.2.7.1 채취 시료는 수분 등의 영향으로 재질의 변화가 일어나지 않도록 고온다습한 곳을 피하고 상온에서 보관한다.

5.2.7.2 채취 시료는 공기 중으로 비산되지 않도록 밀폐용기 또는 헤파(HEPA) 필터가 설치된 후드 안에서 보관한다.

5.2.7.3 시료는 가급적 지정된 장소에 보관한다.

5.2.8 시료의 폐기

5.2.8.1 실험실에서 폐기되는 석면 함유물질이나 석면으로 오염된 폐기물은 별도의 장소에 모아 폐기한다.

5.2.8.2 석면 폐기물은 처리량을 고려하여 주기적으로 처리한다.

6.0 정도보증/정도관리(QA/QC)

6.1 교육

분석 담당자에 대한 정기적인 교육이나 관련 정보교환 활동을 통해 석면에 대한 지식과 경험을 쌓도록 한다.

6.2 실험기기, 기구 및 시약의 관리

6.2.1 실험 기기의 관리

X선 회절기의 유지 관리를 위한 지정 담당자를 선정하여 운영하여야 한다. 최소 1년 단위로 부속품에 대한 점검을 실시하고 필요시 전문 서비스를 받는다.

6.2.2 실험 기구의 관리

석면분석에 사용하는 모든 분석기구, 분석 장비에 대한 오염여부를 항상 점검한다. 특히, 분쇄기구나 여과장치는 사용 전후에 대한 관리절차를 마련하여 이행한다.

6.2.3 실험 시약의 관리

실험에 사용되는 전처리 시약이나 여과지 등은 오염되지 않도록 관리하고 사용하는 소모품에 대해서는 최소 6개월 단위로 점검하여 구비해 둔다.

6.3 내부 정도관리

6.3.1 정성분석

석면분석자는 X선 회절기를 사용하여 백석면, 갈석면, 청석면의 종류를 정확히 구분할 수 있도록 표준시료를 최소 1년 주기로 점검하여 분석 장비의 상태를 확인한다.

6.3.2 정량분석

석면분석자는 X선 회절기를 사용하여 석면에 대한 감도를 최소 1년 주기로 점검하여 분석 장비의 상태를 확인한다.

6.4 외부 정도관리

인증표준시료나 이미 알고 있는 시료를 다른 석면분석기관간의 교류를 통하여 서로 간의 분석능력을 확인하고 검증하며 분석역량을 유지·개발한다.

7.0 분석절차

7.1 시료의 조제

7.1.1 시료의 건조

7.1.1.1 채취한 시료는 조제하기 전 가열등, 가열판, 건조기 등을 사용하여 온도를 60 ℃ 이하로 2시간 이상 건조한다. 건조는 안전하게 헤파필터가 설치된 후드 내에서 수행한다.

7.1.1.2 채취한 시료가 육안 상 젖어 있다면 시료를 조제하기 전 가열등, 가열판, 건조기 등을 사용하여 온도를 60 ℃ 이하로 24시간 이상 건조한다. 건조는 안전하게 헤파필터가 설치된 후드 내에서 수행한다.

7.1.1.3 시료의 조제나 전처리 후 물에 젖어있는 시료는 용기에 담아 건조기에 넣고 온도를 105 ~ 110 ℃를 유지하여 4시간 이상 건조한다.

7.1.2 시료의 균일화

분쇄장치로 분쇄할 수 있는 크기로 절단하거나 파쇄 한다.

7.1.2.1 정성분석용

시료의 입자크기를 100 μm 이하로 분쇄를 한다. 상온에서 분쇄가 어려울 경우에는 액체질소로 냉각하여 분쇄한다.

7.1.2.2 정량분석용

시료의 입자크기를 10 μm 이하로 분쇄한다. 상온에서 분쇄가 어려울 경우에는 액체질소로 냉각하여 분쇄한다.

7.2 전처리

채취한 시료에는 보통 셀룰로오스나 유기성 접착제와 같은 유기물과 탄산칼슘, 석고, 방해석, 마그네사이트와 같은 무기물 등이 혼합되어있는 시료는 분석할 때 방해물질로 작용하여 실험 오차의 원인이 될 수 있다. 따라서 경우에 따라 이런 방해물질을 제거하기 위해 회화나 산 처리의 전처리를 한 다음 실험한다.

7.2.1 회화 처리

7.2.1.1 시료를 정확히 일정량 취하여 도가니에 넣는다.

7.2.1.2 시료가 담긴 도가니에 덮개를 덮고 전기로에서 300 °C에서 2시간 가열한 후 온도를 올려 450 °C에서 1시간 이상 회화한다.

7.2.1.3 회화가 끝난 후 전기로에서 도가니를 꺼내고 데시케이터에서 실온으로 냉각한다.

[주 2] 가열온도가 500 °C 이상 되지 않고 총 가열시간이 6시간 이상 넘지 않도록 한다.

[주 3] 회화는 HEPA 필터 설치된 후드 안의 전기로에서 수행한다.

7.2.2 염산 처리

7.2.1.1 시료 0.5 g 이하를 취해 100 ~ 250 mL 비커에 담고 염산(1 + 3) 20 mL 또는 진한염산 5 mL를 첨가하여 시계접시로 덮고 5분간 교반한다.

7.2.1.2 반응이 완결되지 않은 것으로 판단할 경우 5 ~ 10분간 더 교반하여 반응시킨다.

7.2.1.3 세척과정

반응 후 잔류물을 한번에 증류수 10 mL로 3번 이상 세척한다. 이 때, 부유물이 많거나 분석할 시료의 손실이 많을 것이라고 판단하면 다음의 감압여과 또는 원심분리 과정으로 세척한다.

7.2.1.3.1 감압여과

미리 무게를 잰 여과지를 여과장치에 설치하고 산 처리한 용액을 붓고 감압한다. 한번에 증류수 10 mL로 3번 이상 세척한다.

7.2.1.3.2 원심분리

3,000 ~ 4,000 rpm에서 10 ~ 20분간 원심분리한 후 상층액을 제거하고 한번에 증

류수 10 mL로 3번 이상 세척한다.

7.2.3 유기용매 처리

7.2.3.1 시료를 정확히 1.0 ~ 3.0 g 취해 50 ~ 100 mL 유리용기에 담는다.

7.2.3.2 테트라하이드로퓨란(THF)이나 산화 프로필렌(propylene oxide) 등의 용매를 선택하여 15 ~ 25 mL 첨가하고 마개를 닫는다.

7.2.3.3 시료가 담긴 유리용기를 초음파 욕조에 넣고 30분 정도 가동한다. 이 때, 에어로졸 스프레이가 새어 나가지 않도록 용기 마개를 확인한다.

7.2.3.4 시료가 담긴 용기를 원심분리기에 옮겨 2,000 ~ 2,500 rpm에서 30분간 가동한다.

[주 4] 이 과정에서 원심분리용기로 시료를 옮기는 경우, 용기무게를 재고 원래 용기에 남아있는 시료를 10 ~ 15 mL의 용매로 세척한다.

7.3 정성분석

7.3.1 편광현미경에 의한 정성 확인

석면-편광현미경법의 7.2 정성평가에 따른다.

7.3.2 X선 회절기에 의한 정성 확인

일정량의 시료를 시료홀더에 충전 해서 X선 회절분석장치에 설치하고 구리 X선 관의 관전압 30 ~ 40 kV, 관전류 30 ~ 40 mA의 조건으로 하여 $2\theta = 5^\circ \sim 70^\circ$ 의 범위에서 $2^\circ 2\theta/\text{분}$ 속도로 주사한다. 이 때, 회전식 시료홀더를 사용한다.

측정해서 얻은 X선 회절패턴의 회절선 피크의 위치와 강도를 표준물질 석면의 회절선 피크와 맞는지 확인한다.

[주 5] 정성용 주사속도는 기기종류와 회사에 따라 다를 수 있다.

[주 6] 편광현미경 정성결과를 우선한다.

7.4 정량분석

정성분석 결과, 석면 함유가 인정된 시료에 대해서는 X선 회절에 의한 정량 분석을 실시한다. 표준시료의 검정곡선을 작성한 후 석면 함유율을 산출한다.

7.4.1 시료 분석

7.4.1.1 정량용 시료를 0.01 mg 무게 단위까지 정확히 무게를 잰다.

7.4.1.2 편광현미경으로 시료를 확인하여 섬유질이나 유기물질, 석고, 탄산화합물이 많은 시료는 7.1 시료의 조제에 따른다.

전처리 후, 7.1.1 시료건조의 7.1.1.3에 따라 건조하고 무게를 측정하여 잃은 무게율(% L, loss)을 계산한다.

7.4.1.3 건조한 시료의 무게(50 ~ 100 mg)를 정확히 재어 삼각플라스크에 넣고 수 mL의 2-프로판올을 첨가하고 혼합한다. 필요시 한 두 방울의 계면활성제를 첨가한다.

7.4.1.4 삼각플라스크에 2-프로판올을 수 mL를 더 첨가하고 유리 마개나 시계접시를 닫은 후 초음파 욕조에 담근 다음 10분 동안 분산시킨다. 분산 후 $(30 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 의 항온수조나 열판위에서 수 분간 교반하고 바로 여과할 수 있도록 한다.

[주 7] 열판을 사용할 경우에는 교반용 자석을 플라스크에 넣는다.

7.4.1.5 여과장치에 여과지를 설치하고 감압하지 않은 상태에서 수 mL의 2-프로판올을 여과용 깔때기에 넣는다.

7.4.1.6 교반기를 끄고 시계접시나 마개를 제거하고 손으로 플라스크를 잘 흔들면서 여과용 깔때기에 시료 액을 옮긴다. 피펫으로 2-프로판올을 수 mL 취해 플라스크와 깔때기 내벽을 씻어 내린다.

7.4.1.7 감압하여 여과한다. 여과 후 여과지에 시료가 재배열되어 침착된 후에는 깔때기 내부 벽을 씻어 내리지 않는다.

7.4.1.8 여과지가 건조될 때까지 감압을 유지한다. 건조가 끝나면 감압을 풀고 집게로 여과지를 집는다.

[주 8] 증류수로 세척하면 수용성 매질방해물이 제거될 수 있다. 시료가 휘저어지지 않도록 최대한 주의를 기울인다.

7.4.1.9 시료홀더(flat holder)에 여과지를 잘 붙도록 놓고 X선 회절기에 설치한다.

[주 9] 편광현미경이나 X선 회절기 정성분석으로 방해물이 없는 반사판을 선택한다.

7.4.1.10 선택한 반사판을 0.02° 2θ 씩 늘려가면서 단계주사(step-scanning)로 분석하여 적당한 시간을 정하고 점(counts)을 계산한다.

[주 10] 정량용 주사속도는 기기종류와 회사에 따라 다를 수 있다.

7.4.1.11 위의 7.4.1.10 과정에서 $2.36 \text{ \AA}$ 의 피크의 실제 값, I_{Ag} 을 측정한다.

7.4.1.12 시료 홀더에서 여과지를 제거하고 뒤집어 얹어 홀더에 다시 설치한다. 비감쇠된 피크의 실제세기 값, I_{Ag}° 를 계산한다. 은 피크를 측정하는 주사시간이 시료와 비교하여 짧을 수 있지만 분석동안은 일정해야 한다.

[주 11] 유리 여과지를 사용할 경우에는 별도의 보정판을 사용한다.

7.4.1.13 모든 원 자료와 기준화된 실제 세기(기기 불 안정도를 고려해)는 외부표준물질(예, α -석영표준 결정의 $3.34 \text{ \AA}$ 피크)로 표준화한다.

7.4.1.14 각 미지시료를 주사한 후 위의 7.4.1.10 과정으로 표준 시편(specimen)의 실제 값 I_r° 을 계산한다. I_r° 로 피크 세기를 나눠 표준 세기를 계산한다.

$$\hat{I}_a = I_a / I_r^\circ, \quad \hat{I}_{Ag} = I_{Ag} / I_r^\circ, \quad \hat{I}_{Ag}^\circ = I_{Ag}^\circ / I_r^\circ, \quad (\text{식 1})$$

여기서, $\hat{I}_a$ = 석면시료의 표준세기

I_a = 석면시료의 실제세기

I_r° = 표준시료의 실제세기

$\hat{I}_{Ag}$ = 감쇠(attenuated) 은 피크의 표준세기

I_{Ag} = 감쇠 은 피크의 실제세기

$\hat{I}_{Ag}^\circ$ = 비감쇠 은 피크의 표준세기

I_{Ag}° = 비감쇠 은 피크의 실제세기

7.4.2 검정곡선 작성

7.4.2.1 0.01 mg 무게 단위까지 석면 종류별 시료를 0.1 ~ 5.0 mg 범위에서 서로 다른 농도 5개를 준비하여 유리 삼각플라스크에 넣는다. 필요시 2-프로판올을 사용한다.

[주 12] 바탕시료를 위해 빈 삼각플라스크를 준비하고 시료와 같은 과정을 수행한다.

[주 13] 표준시료는 입자크기의 영향이 크므로, 분말로 만들 경우 습식 체(sieve)가 필요할 수 있다. 건조기에서 110 °C를 유지하며 4시간 이상 건조하고 데시케이터에 저장한다.

7.4.2.2 위의 7.4.1.4 ~ 7.4.1.10 과정에 따른다.

[주 14] 증류수로 세척하면 수용성 매질방해물이 제거될 수 있다. 하지만 시료가 휘저어지지 않도록 최대한 주의를 기울인다.

7.4.2.3 각 측정 피크, I_{std} 에 대한 표준화된 세기를 측정한다.

7.4.2.4 위의 7.4.1.12 ~ 7.4.1.14에 따라 각 측정 피크, I_{std}° 에 대한 표준화 세기를 계산하여 검정곡선을 작성한다.

[주 15] 검정곡선은 선형이어야 하며, $R^2 = 0.99$ 이상의 값을 가져야 한다.

7.4.3 함량 계산

각 석면 표준액으로부터 표준여과지에 침착한 각 표준물질의 정확한 무게를 계산한다.

7.4.3.1 각 표준물질의 무게(W)를 기록한다.

7.4.3.2 무게(W)에 대한 검정곡선을 그린다.

7.4.3.3 검정곡선으로부터 기울기(m)를 구한다. 절편(b)은 0에 가까워야 한다.

[주 16] 절편 값이 음의 큰 값을 가지면 바탕값 계산에 잘못이 있음을 의미한다. 이 경우는 바탕값 측정을 부정확하게 했거나 바탕값을 측정할 때 다른 상의 방해로

인해 나타난다. 큰 양의 절편 값은 바탕값 계산이 잘못되었거나 불순물이 있음을 의미한다.

7.4.3.4 시료의 감쇠(attenuated)와 비감쇠 은 피크 표준세기($\hat{I}_{Ag}$, $\hat{I}^{\circ}_{Ag}$)를 이용하여 투과도(T)를 계산한다.

$$T = \hat{I}_{Ag} / \hat{I}^{\circ}_{Ag} \quad (\text{식 2})$$

여기서, T = 투과도

$\hat{I}_{Ag}$ = 감쇠(attenuated) 은(Ag) 피크의 표준세기

$\hat{I}^{\circ}_{Ag}$ = 비감쇠(uattenuated) 은(Ag) 피크의 표준세기

7.4.3.5 각 시료의 보정인자, f(T)를 계산한다.

$$f(T) = -R(\ln T) / (1 - T^R) \quad (\text{식 3})$$

여기서, f(T) = 시료의 보정인자

R = $\sin\theta_{Ag} / \sin\theta_a$

θ_{Ag} = 은 피크 각 위치

θ_a = 석면 피크 각 위치

7.4.3.6 각 시료의 석면물질을 분석하기 위해 흡수보정을 이용하여 마이크로그램(μg) 또는 밀리그램(mg) 단위로 석면물질의 무게(W_a)를 계산한다.

$$W_a = (\hat{I}_a \cdot f(T) - b) / m \quad (\text{식 4})$$

여기서, W_a = 석면물질의 무게(μg 또는 mg)

f(T) = 시료의 보정인자

b = 절편

m = 기울기

7.4.3.7 여과지 위의 시료 전체 무게, W_T 로부터 대상시료 중 분석한 석면물질의 퍼센트 조성, P_a 를 계산한다.

$$P_a = W_a(1 - 0.01L) / W_T \times 100 \quad (\text{식 5})$$

여기서, P_a = 모 물질 중 석면 물질의 퍼센트(무게 %)

W_a = 여과지 위의 석면 물질의 무게(μg 또는 mg)

W_T = 여과지 위의 시료 전체무게(μg 또는 mg)

L = 회화 또는 산 처리로 모 물질의 잃은 퍼센트(무게 %)

8.0 결과보고

X선 회절 분석기를 이용하여 석면종류에 따른 2θ 회절 피크 값을 기록하여 정성분석을 한다. 정성확인 후 정량분석용 시료 제작은 한 분석 시료 당 3개를 제작하여 측정하고, 평균값을 물질별로 석면농도(무게 %)를 소수점 첫째자리까지 표시하여 기록한다. 0.1 % 미만은 불검출로 표시한다. 표 3에 시료의 결과보고 작성양식을 나타내었다.

9.0 참고자료

9.1 USEPA, Test method for the determination of asbestos in bulk building materials. EPA/6100/R-93/116, 1993.

9.2 USA, Asbestos, chrysotile by XRD, NIOSH 9000, 1994.

9.3 USEPA, Interim method of the determination of asbestos in bulk insulation samples. Section 2. X-ray powder diffraction. 40CFR 763. Appendix E, pp. 808-816.

9.4 건축재 제품중의 석면 함유율 측정방법. JIS A1481, 2006

9.5 UK, Asbestos : The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, 2005.

9.6 Germany, VDI 386 series Part 1, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, 2000.

10.0 부록

표 1. X선 회절기 측정시 간섭물질

석면형 물질	1차진단피크 (대략적인 면 간거리, Å)	간섭물질
사문석 (SERPENTINE) 백석면(chrysotile)	7.4	비석면형 사문석(antigorite, lizardite), 녹니석(chlorite), 질석(vermiculite), 해포석(sepiolite), 고령석(kaolinite), 석고(gypsum)
	3.7	비석면형 사문석(antigorite, lizardite), 녹니석(chlorite), 질석(vermiculite), 해포석(sepiolite), 할로이사이트(halloysite), 셀룰로오스(cellulose)
각섬석 (AMPHIBOLE) 갈석면 (amosite;grunerite) 직섬석(anthophyllite) 청석면(Crocidolite) 투섬석(tremolite) 녹섬석(actinolite)	3.1	비석면형 각섬석 (grunerite-cummingtonite, anthophyllite, riebeckite, tremolite), 상호간섭물질, 활석(talc), 탄산염(carbonates)
	8.3	비석면형 각섬석 (grunerite-cummingtonite, anthophyllite, riebeckite, tremolite), 상호간섭물질

※ 간섭피크

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|------------------------|
| 1) 녹니석 : 7.19Å, 3.58Å | 2) 질석 : 7.14Å, 3.56Å | |
| 3) 해포석 : 7.47Å | 4) 할로이사이트 : 3.63Å | 5) 고령석 : 7.15Å |
| 6) 석고 : 7.5Å | 7) 셀룰로오스 : 피크 퍼짐(겉침 3.65Å) | |
| 8) 탄산염 : 3.035Å | 9) 활석 : 3.12Å | 10) 상호간섭물질 : 8.3Å~3.1Å |

표 2. 대상 시료의 크기별 최소 시료채취 수

구분	대상	크기	최소 시료채취 수
건축 또는 시설물	천장, 벽, 바닥재의 경우	25 m ² 미만	1
		25 ~ 100 m ²	3
		100 ~ 500 m ²	5
		500 m ² 이상	7
	단열재의 경우	2.0 m 혹은 1.0 m ² 미만	1
		2.0 m 혹은 1.0 m ² 이상	3
	기타 재료의 경우	1.0 m ² 미만	1
		1.0 m ² 이상	3

표 3. X선 회절 분석법에 의한 미지시료의 결과 작성(예)

시료번호	정성결과	정량결과(무게 %)
시료 1	백석면	20.0
	갈석면	5.5
	청석면	1.5
	직섬석	0.5
	투섬석	0.1
	녹섬석	불검출(< 0.1)