

# 석면 해체 · 제거업무 절차

## 1. 석면개요

### 가. 『석면』이란

화성암의 일종으로서 천연의 자연계에 존재하는 사문석(蛇紋石) 및 각섬석(角閃石)의 광물에서 채취된 섬유 모양의 규산화합물이다.

직경은 0.02~0.03 $\mu$ m 정도의 유연성이 있는 견사상(繭絲狀)광택이 특이한 극세 섬유상의 광물이다.

석면(石綿, Asbestos)은 그리스어로 ‘불멸의 물건’이라는 의미로서 100만년 전의 화산활동에 의해 발생되었으며, 마그네슘과 규소를 포함하고 있는 광물질로서 솜과 같이 부드러운 섬유로 되어 있다.

석면은 불연성, 단열성, 내구성, 절연성 등이 뛰어나 석면가스켓(단열재), 석면시멘트(내화재), 석면직물(방화재), 석면브레이크라이닝(마찰재) 등에 널리 이용되고 있다.

### 나. 석면의 종류, 특성 및 대체물질

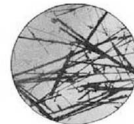
석면은 천연산 광물섬유의 총칭이며 사문석계의 백석면과 각섬석계의 청석면, 갈석면, 악티노라이트석면, 안소필 라이트석면, 트레모라이트석면으로 구분된다.

청석면 및 갈석면은 '00년부터 악티노라이트, 안소필라이트, 트레모라이트는 '03년 7월부터 제조 등의 금지물질(제조·수입·양도·제공 및 사용 금지)로 규정하고 있으나, 백석면 등은 91년부터 허가대상물질로 지방노동관서에 허가를 받고

사용하고 있다.



백석면



청석면



갈석면

석면은 내화성, 단열성, 내구성, 절연성, 유연성 등이 뛰어나 석면가스켓(단열재), 석면시멘트(내화재), 석면직물(방화재), 석면브레이크라이닝(마찰재) 등에 이용된다.



(a) 석고시멘트판 천정재



(b) 슬레이트



(c) 밤라이트

〈그림 1〉 석면 함유 건축자재

석면의 대체물질로는 암면(내화재), 유리섬유(절연재), 세라믹섬유(밀봉재), 실리콘카바이드(마찰재) 등이며 가격면에서 석면보다 고가이다.

(1) 석면의 종류

Group	종류	화합식	특성
사문석 (蛇紋石, Serpentine)	크리스토일 (백석면) Chrysotile	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	가늘고 부드러운 섬유 힘 및 인장강도 큼 가장 많이 사용
각섬석 (角閃石, Amphibole)	아모사이트 (갈석면) Amosite	$(FeMg)SiO_3$	국내 사용치 없음
	크로시도라이트 (청석면) Crocidolite	$Na_2Fe(SiO_3)_2 \cdot FeSiO_3 \cdot H_2O$	국내 사용치 없음
	안소필라이트 Anthophyllite	$(MgFe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	국내 사용치 없음
	트레모라이트 Tremolite	$Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(HO)_2$	국내 사용치 없음
	악티노라이트 Actinolite	$CaO_3(MgFe)O_4SiO_2$	국내 사용치 없음

※ 석면은 내화성(Fire Proofing), 방부성(Corrosion Resistance), 단열성(Heat Resistance), 절연성(Insulation), 방척성(Spinability), 내마모성, 고인장성, 유연성 등이 큼

(2) 석면의 용도

- ① 마감 · 내화재 : 벽과 천장 등에 미장 바름의 마감 및 석면시멘트 분사 등 방화용, 철골재료 등에 내화피복
- ② 보온재 : 급수관, 증기관, 덕트, 보일러 및 온수탱크 등에 보온재
- ③ 수장재 : 비닐석면 바닥타일, 천장타일, 시멘트판, 벽판, 지붕용 슬레이트 등으로 사용
- ④ 마찰재 : 자동차 브레이크 라이닝(Lining) 및 클러치(Clutch) 표면
- ⑤ 방화 · 단열재 : 고온물질 취급용 장갑 및 방

석, 배관 가스켓

〈표 1〉 건축자재 중 석면 함유량

구분	제품	석면 함유량(%)	조합물 (Binder)	비산여부
벽, 천장	스프레이 외장	1~95	포틀랜드 시멘트, 실리카 나트륨, 고착제	비산가능
	미장재	1~95	포틀랜드시멘트, 실리카 나트륨	비산가능
	석면-시멘트 시트	20~50	포틀랜드 시멘트	비산불가
	스파클	3~5	석회풀, 카세인, 인공수지	비산가능
	이음 접합재	3~5	아스팔트	비산가능
	하드보드 판지	80~85	풀, 석회, 진흙	비산가능
바닥	비닐 벽지	6~8	인공수지	비산불가
	단열, 절연판	30	규산	비산가능
	비닐-석면 타일	21	폴리염화비닐	비산불가
지붕 및 외벽	아스팔트-석면 타일	26~33	아스팔트	비산불가
	바닥용 탄성수지	30	드라이 오일	비산불가
	매스틱 점착제	5~25	아스팔트	비산가능
파이프 및 보일러	지붕 펠트	10~15	아스팔트	비산불가
	펠트 싱글	1	아스팔트	비산가능
	지붕 싱글	20~32	포틀랜드 시멘트	비산가능
	지붕 타일	20~30	포틀랜드 시멘트	비산가능
	외벽 싱글	12~14	포틀랜드 시멘트	비산가능
파이프 및 보일러	물막이 판자	12~15	포틀랜드 시멘트	비산가능
	시멘트 파이프	20~90	포틀랜드 시멘트	비산불가
	블록 단열재	6~15	탄산 마그네슘, 실리카 칼슘	비산가능
	전성 파이프 덮개	50	탄산 마그네슘, 실리카 칼슘	비산가능
	슬레이트	90	실리카 칼슘	비산가능
	종이 테이프	80	폴리머수지, 풀	비산가능
연마제	20~100	진흙	비산가능	



〈그림 2〉 석면함유 건축재료 샘플

(3) 석면의 유해성

- ① 석면에 장기간 폭로될 경우 5~30년 지난후에 폐암(Lung Cancer), 악성중피종(Mesothelioma), 석면폐(Pulmonary Asbestosis) 등 근로자에게 치명적인 건강장해를 유발함
- ② 인체 유해성 정도의 크기는 크로시도라이트(Crocidolite, 청석면), 아모사이트(Amosite, 갈석면), 크리소타일(Chrysolite, 백석면) 순임

※ 석면의 인체 유해성 정도는 석면의 크기(Dimension), 체내지속성(Durability), 양(Dose) 등에 따라 차이가 있으며, 섬유형태가 가늘고 날카롭고 뾰뚱한 청석면은 체내 보존성이 높아 인체에 미치는 유해성이 가장 높음

(4) 석면의 노출기준

(단위 : 섬유개수/cm³)

석면의 종류	한국	미국	영국	독일	일본	미국ACGIH (권고치)
크로시도라이트 (청석면)	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.2
아모사이트 (갈석면)	0.1	0.1	0.2	1	2	0.5
크리소타일 (백석면)	0.1	0.1	0.5	1	2	2
기타 석면	0.1	0.1	0.5	1	2	2

다. 석면이 인체에 미치는 영향

석면에 노출되면 10~30년의 잠복기를 거쳐 폐

암, 악성중피종(흉막, 복막, 심막 등을 덮고 있는 중피 표면 조직에 발생하는 종양), 석면폐 등 모두 치명적인 질병을 유발한다.

※ 인체 유해성 정도

청석면)갈석면)악티노라이트석면·안소필라이트 석면·트레모라이트석면)백석면

2. 석면 해체·제거작업 허가 업무 절차

가. 석면 해체·제거작업의 허가절차

(1) 허가대상 작업

1% 이상의 석면이 함유된 설비 또는 건축물을 해체·제거하는 작업은 사전에 관할지방노동(지)청장에게 허가를 받아야 한다. 여기서 1%란 건축물 전체의 1%가 아닌 석면함유 건축 자재에 포함된 석면 중량이 1% 이상인 것을 말한다.

Tip !!

- ① 제37조 각호의 1의 기준에 해당하는 물질로서 대통령령이 정하는 물질을 제조·사용 또는 해체·제거하고자 하는 자는 노동부령이 정하는 바에 의하여 미리 노동부장관의 허가를 받아야 한다. 허가받은 사항을 변경하고자 할 때에도 또한 같다.

(5년 이하의 징역 또는 5,000만원 이하의 벌금)

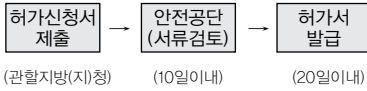
- ② 제1항의 규정에 의하여 허가를 받은 자(이하 "유해물질제조·사용자 등"이라 한다)는 그 제조·사용·해체·제거설비를 제2항의 기준에 적합하도록 유지하여야 하며, 그 기준에 적합한 작업방법에 의하여 물질을 제조·사용·해체·제거하도록 명할 수 있다.(3년 이하의 징역 또는 2,000만원 이하의 벌금)

(2) 허가신청방법

석면이 함유된 설비 또는 건축물의 해체·제거 허가를 받고자 할 때에는 석면해체·제거작업허

가신청서에 다음 서류를 첨부하여 관할 지방노동관서의 장에게 제출하여야 한다.

① 석면 해체·제거작업 허가 절차



② 제출서류

- 석면해체·제거 작업계획서
- 석면해체·제거 설비 및 보호구 등에 관한 서류
- 석면의 비산방지 및 폐기방법 등에 관한 서류 등

Tip !!

- ☞ 제조 또는 사용허가를 받아야 하는 유해물질
1. 디틀로벤지딘과 그 염
  2. 알파-나프틸아민과 그 염
  3. 크롬산 아연
  4. 오르토-톨리딘과 그 염
  5. 디아니시딘과 그 염
  6. 베릴륨
  7. 비소 및 그 무기화합물
  8. 크롬광(열을 가하여 소성처리하는 경우에 한한다)
  9. 휘발성 콜타르피치
  10. 황화니켈
  11. 염화비닐
  12. 벤조트리클로리드
  13. 석면(악티노라이트석면, 안소필라이트석면, 트레모라이트석면, 청석면 및 갈석면을 제외한다)
  14. 제1호 내지 제12호의 1의 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 1퍼센트 이하인 것을 제외한다)
  15. 제13호의 물질을 함유한 제제(함유된 중량의 비율이 0.5퍼센트 이하인 것을 제외한다)
  16. 그 밖에 보건상 해로운 물질로서 노동부장관이 정책심의위원회의 심의를 거쳐 정하는 유해물질

나. 석면 해체작업 계획

(1) 사전조사 및 시료채취

▶ 사전조사

① 건물의 개요 : 건물구조, 층수, 면적, 평면도,

주변환경조건 등

- ② 건물의 형태 : 건물부위별 사용마감재, 천장재, 바닥재, 지붕, 벽, 보일러 등의 종류 파악
- ③ 석면제품의 형태 : 석면 비산가능 여부 등 석면 함유물질의 확인

▶ 시료채취지역의 구분(3가지 범주로 구분)

- ① 재료표면에서 석면이 비산되는 지역
- ② 석면함유물질이 내장재·보온재 등으로 사용된 지역
- ③ 기타 석면 함유물질 사용지역

▶ 시료채취 위치 선정  
사전조사된 지역내에서 시료채취의 수량에 따라 지역을 재분할하고 채취위치를 선정

▶ 시료채취

<표 2> 공기시료 채취의 수

시료채취지역의 면적	표준채취수량
50㎡ 이하	2
50㎡ 이상	2 + 30㎡ 당 1개 지점이상 추가

(2) 해체도구 및 보호구 등의 선정

▶ 해체계획의 수립

채취된 시료에 대한 공인 시험소의 분석결과에 따라 부위별 해체절차 및 해체제거 계획을 수립

▶ 표면분사제(Amended Water)

해체시 석면 섬유가 공기 중에 방출되지 못하도록 재료표면에 분사하는 습윤제(Wetting Agent), 계면활성제 또는 표면침투피막제(Enca Psulant) 선택

▶ 호흡용보호구 및 보호의

- ① 석면농도에 따라 규정된 호흡용보호구를 사용하되, 최소한 공기정화가 가능한 2개의 HEPA(High Efficiency Particulate Arrestor) Filter가 장착된 호흡용보호구 사용

② 머리덮개부착 작업복, 장갑, 발싸개 등은 일회용을 사용

〈표 3〉 석면농도에 따라 착용해야 할 호흡보호구

공기중 석면농도	착용해야할 호흡보호구
1f/cc(10×PEL) 이하	일회용 호흡마스크가 아닌 고효율 필터가 부착된 반면형 공기정화 호흡마스크
5f/cc(50×PEL) 이하	고효율 필터가 부착된 전면형 공기정화 호흡마스크
10f/cc(100×PEL) 이하	고효율 필터가 부착된 모든 형태의 동력식 공기정화 호흡마스크 또는 연속적으로 작동하는 공기 공급식 공기정화 호흡마스크
100f/cc(1000×PEL) 이하 이거나 미지의 농도인 경우	압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡 마스크
100f/cc(1000×PEL) 초과 하거나 미지의 농도인 경우	부가적으로 양압을 유지시키는 자가 호흡기가 부착된 압력모드하에서 작동하는 전면형 공기공급식 공기정화 호흡마스크

※ PEL(Permissible Exposure Limit) : 미국 OSHA(산업 안전보건청)의 노출기준

▶ HEPA Filter 진공청소기(HEPA Filter Vacuum Cleaner)  
습윤상태와 건조상태의 바탕청소가 가능할 것



〈그림 3〉 HEPA Filter가 내장된 진공청소기

▶ 음압 공기여과 및 환기장치 (Negative Pressure Air Filtration Exhaust Ventilation System)

해체시 방출되는 석면섬유를 작업구역 내에 국한 시키기 위한 장비



〈그림 4〉 음압 공기여과 및 환기장치

▶ 기타 장비

경고표지판, 분무기, 청테이프, 비닐시트(Vinyl Sheet), 장갑낭(Glove Bag), 폐기물주머니 등

(3) 공기측정계획(Air Monitoring Plan)

▶ 지역공기측정(Area Air Monitoring)

석면제거작업 시작전 건물 내 외부의 공기 중 석면농도를 측정하는 것으로 석면제거작업 중의 공기상태와 비교하기 위한 목적

▶ 초기공기측정(Initial Air Monitoring)

해체작업개시 첫날 작업 중의 공기를 채취 측정하는 것으로 적합한 호흡용보호구의 형태를 결정하기 위한 목적

▶ 주기적 공기측정(Periodic Air Monitoring)

해체작업기간내의 방출석면농도가 노출기준치 이내 인지와 작업통제구역 밖으로 석면이 방출되는지를 입증하기 위해 측정

▶ 최종정화공기측정(Final Clean-up Monitoring)

작업완료 후 눈에 보이는 분진이 없다는 판정을 받은 후 비닐시트를 철거하기 전에 공기를 채취하여 석면이 실제 존재하는 지를 알기 위해 측정

(4) 석면농도의 분석방법

▶ 고형시료(Bulk Sample) 분석

- ① 편광 현미경법(Polarized Light Microscopy, PLM) : 단열재, 방화재 등과 같은 고형시료 중에 포함된 석면을 분석하는데 사용하며 석면의 정성분석은 불가능
- ② X-선 회절법(X-Ray Diffraction) : 편광현미경에 의해 일차적으로 검출된 석면을 더 정확히 분석하기 위하여 이차적으로 사용하는 분석이며, 석면의 정량 · 정성분석 가능

▶ 공기시료(Air Sample) 분석

- ① 위상차 현미경법(Phase Contrast Microscopy, PCM) : Membrane 필터에 공기를 통과시켜 시료를 채취하고 분석하는 비교적 간편한 방법으로 석면의 정성분석은 불가능
- ② 전자 현미경법(Electron Microscopy) : 공기 중의 석면농도 분석에 가장 우수한 방법으로 석면의 정량 · 정성분석이 가능하고 다른 현미경법으로 분석할 수 없는 매우 미세한 입자도 분석가능

(5) 석면해체시 금지작업

- ① 환기장치가 장착되지 않은 고속 절삭디스크 톱 사용작업
- ② 배기시스템과 연결되지 않은 밀폐장소에서 석면 및 석면함유물질을 제거하기 위한 압축 공기 사용작업
- ③ 석면함유물질의 분진 및 부스러기를 건식으

로 빗자루질, 삽질 또는 다른 청소작업

- ④ 근로자 노출만을 감소시키기 위한 수단으로서의 교대작업

(6) 지붕재 또는 외벽 석면 슬레이트 해체작업 예시

- ① 석면 해체작업 경고표시 설치
- ② 건물외벽을 따라 폭 3m의 비닐시트 깔기
- ③ 석면제품에 침투제(Encapsulant) 분사
- ④ 석면판을 한 장씩 통째로 제거(고정 못을 빼내고 가능한 깨트리지 않도록 함) 및 지정장소에 석면판 운반
- ⑤ 일정분량만큼 비닐시트로 포장 · 밀봉 및 폐기물 표시 부착
- ⑥ 일일작업 완료후 건물주위의 비닐시트를 HEPA 진공 청소기로 청소



(a)경고표시 설치 (b)비닐시트 깔기 (c)침투제 분사(벽)



(d)침투제 분사(지붕) (e)석면판 제거 · 운반 (f)포장 · 운반

⑦ 지역공기측정(Area Air Monitoring)

석면제거작업 시작전 건물 내 외부의 공기 중 석면농도를 측정하는 것으로 석면제거작업 중의 공기상태와 비교하기 위한 목적

⑧ 초기공기측정(Initial Air Monitoring)

해체작업개시 첫날 작업 중의 공기를 채취 측정하는 것으로 적합한 호흡용보호구의 형태를 결정하기 위한 목적

⑨ 주기적 공기측정(Periodic Air Monitoring)  
해체작업기간내의 방출석면농도가 노출기준치  
이내 인지하고 작업통제구역 밖으로 석면이 방출되  
는지를 입증하기 위해 측정

⑩ 최종정화공기측정(Final Clean-up Moni-  
oring)

작업완료 후 눈에 보이는 분진이 없다는 판정을  
받은 후 비닐시트를 철거하기 전에 공기를 채취하  
여 석면이 실제 존재하는 지를 알기 위해 측정

(7) 실내 천정의 석면마감재 해체작업 예시

- ① 건물의 복도 및 실내의 벽체 바닥 및 개구  
부·환기구 등 공간을 비닐시트로 밀봉 및 경  
고표시 부착
- ② 공기정화기 설치
- ③ 실내음압유지(공기흡인기구 설치)
- ④ 천장재에 침투제 분사
- ⑤ 천장재 제거 후 제거된 자재 뒷면에 침투제  
분사
- ⑥ 제거된 자재는 일정 분량만큼 비닐시트로 포  
장·밀봉 및 석면 경고표시 부착
- ⑦ 천장의 먼지를 젖은 걸레로 제거
- ⑧ HEPA 진공청소기로 바닥 등 실내청소
- ⑨ 석면폐기물은 폐기물주머니로 밀봉·경고표시



(a)개구부봉쇄(실외쪽) (b)복도벽·바닥 비닐 설치 (c)실내 벽체 비닐 설치



(d)실내바닥 비닐 설치 (e)침투제 분사 (f)천정의 석면마감재 해체



(g)마감재 비닐로 밀봉 (h)바닥청소 (i)석면폐기물 밀봉·경고표시

(8) 파이프의 석면보온재 해체작업 예시

- ① 비닐시트로 석면보온재 파이프 밀봉
- ② 공기정화기 설치
- ③ 장갑낭(Glove Bag)을 석면재 들레에 부착
- ④ 장갑낭에 부착된 고무장갑을 끼고 장갑낭 속  
에서 석면재 제거
- ⑤ 작업 중 석면재에 침투제 계속 분사
- ⑥ 석면재 제거 후 HEPA 진공청소기로 장갑낭  
속의 오염공기 제거
- ⑦ 장갑낭 밀봉 후 폐기물주머니 속에 넣어 폐기
- ⑧ 침투제를 적신 스폰지나 걸레로 제거된 파이  
프 표면 청소, HEPA 진공청소기로 표면 재  
청소
- ⑨ 사용한 스폰지·걸레 및 비닐시트는 폐기물  
주머니로 밀봉·경고표시



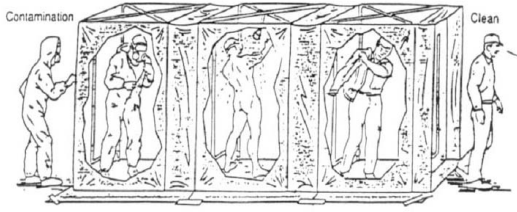
(a)비닐밀봉·장갑낭 부착 (b)칼로 보온재 자르기 (c)수직부 해체방법

다. 오염제거 정화시설(Decontamination  
Facility)의 설치

(1) 정화시설 이용시 주의사항

- ① 근로자는 정화시설을 청정실 → 샤워실  
→ 장비실 순으로 거쳐서 석면해체·제  
거 작업장내로 들어가야 한다.
- ② 작업 종료 후 근로자는 석면해체·제거

작업장에서 나올 때는, 보호구를 착용한 상태에서 우선적으로 HEPA 진공청소기로 몸 전체 청소하고, 정화시설을 통해 장비실 → 샤워실 → 청정실 순으로 나와야 한다.



Entering 장비실 샤워실 청정실 Exiting  
 <그림 5> 정화시설(Decontamination Facility)

(2) 정화시설 구성

- ① 장비실  
 보호구를 벗고 호흡용보호구의 필터 및 일회용 보호의·장갑·발싸개 등을 비닐주머니 속에 넣어 밀봉하는 곳
- ② 샤워실  
 신체 목욕 및 장기간 사용하는 보호구 등을 세척하는 곳
- ③ 청정실  
 신체 물기제거, 헤어드라이, 평상복 착용하는 곳
- ④ 공기 차단실(Air Lock)  
 정화시설 출입구에 두 겹의 비닐시트로써 폭 30cm의 공간 확보하여 석면입자의 외부방출을 최대한 억제

## 석면 해체·제거 작업 조치기준

— 산업안전보건법 산업보건기준에 관한 규칙 —

- ① 제237조【석면해체·제거작업 계획수립】사업주는 석면이 함유된 설비 또는 건축물을 해체하거나 제거하는 작업을 행할 때에는 석면으로 인한 근로자의 건강장해를 예방하기 위하여 작업절차, 작업방법, 근로자보호조치 등이 포함된 석면해체·제거작업 계획을 수립하여야 하고 석면해체·제거작업 계획을 수립하는 때에는 당해 근로자 또는 근로자대표를 참여시켜 의견을 들어야 합니다.(사업주란 석면함유설비 또는 건축물의 파쇄, 개·보수 등을 시행하는 자)
- ② 제238조【경고표지의 설치】사업주는 석면해체·제거작업을 행하는 장소에는 아래와 같은 표지를 출입구에 게시하여야 한다. 다만, 작업이 이루어지는 장소가 실외이거나 출입구가 설치되어 있지 아니한 경우에는 근로자가 보기 쉬운 장소에 게시하여야 합니다

### 석면취급/해체 작업장의 경고표지

<b>관계자의 출입금지</b> 석면 취급/해체 중 보호구/보호의 착용 흡연 및 취식 금지
--

- 주) 1. 크기는 가로 70센티미터, 세로 50센티미터이상
- 2. "관계자의 출입금지" 글자의 크기는 가로 8센티미터, 세로 10센티미터 이상
- 3. 그밖에 글자의 크기는 가로 6센티미터, 세로 6센티미터 이상
- 4. 글자는 흰색 바탕에 흑색, 다만 "석면 취급/해체 중" 글자는 적색

- ③ 제239조【석면해체·제거작업시의 조치】사업주는 석면해체·제거작업에 근로자를 종사하도록 하는 때에는 다음 각호의 조치를 하여야 한다.
  - 1. 당해 장소를 밀폐시킬 것
  - 2. 습식(濕式)으로 작업할 것
  - 3. 당해 장소를 음압(陰壓)으로 유지시킬 것
  - 4. 근로자에게는 전면형 이상의 방진마스크를 지급하여 착용하도록 할 것
  - 5. 근로자에게는 신체를 감싸는 보호의를 착용하도록 할 것
- ④ 제240조 【석면함유 폐기물의 처리】사업주는 석면해체·제거작업에서 발생한 석면을 함유한 폐기물은 불침투성 용기 또는 자루 등에 넣어 밀봉한 후 적절히 처리하여야 한다.
- ⑤ 제241조【잔재물의 흘날림 방지】사업주는 석면해체·제거작업에서 발생한 석면을 함유한 잔재물은 습식 또는 고성능필터가 장착된 진공청소기로 청소하는 등 석면분진이 흘날리지 아니하도록 하여야 한다.

(자료출처 : 노동부 “석면업무 매뉴얼” 중에서)