

건축용 실리콘 방화재의 특성과 응용

이 해 준

1. 서 론

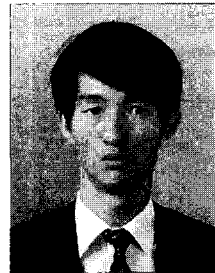
실리콘은 1860년대에 분자내에 규소와 탄소를 갖는 유기화합물을 최초로 합성함으로써 탄생되었다고 할 수 있으며 1930년대부터 1940년대에 걸쳐 일부 선진국에서 실용화연구가 행해졌다.

실리콘이 상품으로 소량 시판되었던 1940년대 중반부터 개발이 활발히 진행되어 40~50년의 많은 기간에 거의 모든 중요 산업에 응용되고 있다. 특히, 실리콘고무는 초고온에서의 뛰어난 기계적 성질과 기술혁신의 높은 가능성 때문에 다른 탄성 중합체들에 비교해서 평균 이상의 성장을 이룩하고 있다. 그 중에서 열경화성 실리콘고무와 일반 창호용 Sealant는 이미 국내외에서 널리 보급되어 있으나 방화용 실리콘에 대해서는 국내에서 그 응용분야가 거의 알려져 있지 않은 실정이다.

최근 통계자료에 의하면 재난 유형별 발생 현황 중 표 1에서 교통사고가 가장 많이 발생

하였으며 다음으로 화재가 10%를 넘으면서 제 2의 재앙이 되고 있다.

건축물의 구조는 화재예방상 중요한 것으로서 건축물의 일부분에 화재가 발생하여도 건축물의 구조가 내화구조로 되어 있으면 화재가 구조부분에 까지는 미치지 않기 때문에 이와 같은 구조로 하는 것이 바람직하며, 또한 건축물이 대형화 및 고층화되어 감에 따라 화재발생시 예견되는 재산 및 인명피해도 가중되기 때문에 이러한 건축물은 화재시 가열에 충분히 견딜 수 있고, 화재 후 간단한 수리로 재사용



이해준

1986 울산대 기계과 졸업
1993 영광 3, 4호기 원자력 발전소 개구부/관통부 밀폐제 공사 소장 근무
현재 (주)해룡실리콘 F/S사업 팀장
충주대 대학원 안전공학과 재학중

표 1. 주요 재난 유형별 발생 현황

(단위 : 건)

구 분	계	도로 교통	화 재	붕 괴	폭 발	환경오염	유도선 사고	해 난 사고	기 타 사고
'96년	302,047	265,052	28,665	89	576	75	12	523	7,578
'97년	281,323	246,452	29,472	88	235	65	15	572	4,905
'98년	275,467	239,721	32,664	100	165	112	2	659	2,703
계	858,746	751,225	90,801	277	976	252	29	1,754	15,186

자료 출처 : 재난연감, 행정자치부

이 가능치 않으면 안된다. 그러기 위해서는 건축물의 주요 구조부 즉 내력벽, 기둥, 바닥, 보, 지붕틀 및 주계단 등과 같은 건축물의 구성상 중요한 부분은 내화구조로 하여야 할 필요성이 있으며, 우리나라의 건축법규에서는 구조부재의 요구내화 성능을 규정하여 방화대책의 기본으로 하고 있다.

최근에 건축되는 대형건축물에는 그 내부에 다양한 종류에 덕트(Duct)가 설치되어 있다. 이들 덕트는 건축물의 방화구획, 방화별 또는 세대간 경계벽 등을 관통하여 시공되므로 화재시 관통되는 벽, 바닥 및 덕트와의 틈새나 덕트의 내부를 통하여 화염이나 고온의 유독성 연기 등을 인접 실이나 상층부로 확산시키는 요인이 되고 있어 건축물의 방화 대책 수립에 있어서 필히 고려하여야 할 항목으로 간주된다. 이에 따라 건축법규에서는 건축물의 층별, 면적별 방화구획을 관통하는 덕트에는 그 내부에 일정 시간 동안 화염이나 유독성 연기의 확산을 방지할 수 있도록 방화 시스템을 설치하도록 의무화하고 있다.

본 총설에서는 상온경화성 실리콘의 여러 응용분야중 선진국에서 생산한 제품을 전수 수입하여 사용하던 것을 당사가 국내최초로 개발하여 시판하고 있는 실리콘 방화재의 특성과 그 응용에 대하여 언급하고 또한 실리콘이 방화재 용으로 사용하기위해 적용되는 각종규격과 시험방법을 자세하게 설명하여 실리콘 방화재를 사용하시는 분은 물론 실리콘에 종사하는 분들에게 이해와 도움을 드리고자 한다.

2. 실리콘 방화재의 특성과 응용

2.1 실리콘 방화재의 특성

실리콘 방화재는 규소를 주 원료로 한 실리콘폴리머의 독특한 특성인 내열성, 난연성, 방음성 및 밀폐성 등이 뛰어나 이를 이용한 특별한 경화구조를 고안한 특수응용분야이다. 특히, 실리콘 RTV foam은 규소로 이루어져 있기 때문에 열을 차단시켜주며 열을 받을 경우 cell

내부의 공기가 팽창되어 벽과 벽사이를 tight하게 밀폐시켜 화재의 확산을 방지하고 유해가스의 누출을 차단시켜 준다. 아울러 cell이 독립 구조를 가지고 있기 때문에 방음, 방수, 방습효과도 대단히 뛰어나다.

또한 실리콘 방화재의 우수한 특성중에 하나는 cable등의 관통재를 추가로 설치하거나 철거시 작업이 용이하며 부분적인 추가설치시에도 재 sealing을 하지 않아도 되는 등 개보수가 용이하다. 좁은 공간에서도 작업이 가능하며 작업중에 분진이나 소음, 냄새 등으로 쾌적한 환경을 오염시키지 않으며 작업자에게 해로운 물질이 발생하지 않는다.

2.2 실리콘 방화재의 종류

실리콘 방화재는 밀도에 따라 low density silicone, medium density silicone, high density silicone로 구분하고 있으며 이들에 대한 물리적, 화학적 특성은 표 2와 같다.

2.3 실리콘 방화재의 용도

서론에서 언급한 특성 때문에 실리콘 방화재는 여러분야에서 응용이 가능하다. 이들중에 가장 대표적인 곳으로는 다음과 같다.

- 콘크리트 차폐벽과 동일한 방사선 차폐특성이 필요한 곳 (원자력/수력/화력발전소, X 선실, CT 촬영실 등 방사선을 취급하는 건물의 penetration seal 재)

- Fire seal (ASTM E 119)이 요구하는 곳 (학교, 병원, 지하철, 사무실 등)

- Ventilation seal이 요구되는 곳

- Compartment seal이 요구되는 곳

- Flood seal이 요구되는 곳

- 내방사선이 요구되는 곳 (10^7 rad)

- Fire stop과 amacity가 동시에 요구되는 곳

- EMI용

- Fire resistant seismic and expansion gap filler

상기의 용도 중에서 최근에 지진문제로 원자력발전소의 건설에 대한 찬반 논쟁이 발생하고 있어 seismic expansion gap filler에 대해 조금

표 2. 실리콘 방화재의 종류

	LOW DENSITY	MIDIUM DENSITY	HIGH DENSITY
주 성분	실 리 콘	실 리 콘	실 리 콘
경화후 비중	0.23 - 0.44	1.31 이상	2.24 이상
경화시간	2 - 3 시간	30분 - 24시간 (사용자 요구에 따라 조절가능)	30분 - 24시간 (사용자 요구에 따라 조절가능)
내한성	- 70℃	- 70℃	- 70℃
L.O.I	32 이상	32 이상	32 이상
Fire stop seal	UL 1479, ASTM E 119, ASTM E 84, IEEE 634에 준한 시험합격(방재시험소)	UL 1479, ASTM E 119, ASTM E 84, IEEE 634에 준한 시험합격(방재시험소)	UL 1479, ASTM E 119, ASTM E 84, IEEE 634에 준한 시험합격(방재시험소)
Radiation seal	ASTM E 1027에 준한 시험 합격 (에너지 연구소)	ASTM E 1027에 준한 시험 합격 (에너지 연구소)	ASTM E 1027에 준한 시험 합격 (에너지 연구소)
Ventilation seal	No leakage with 5" of water pressure head	No leakage with 5" of water pressure head	No leakage with 5" of water pressure head
Flame spread index	25 이하	25 이하	25 이하
Flood seal	N/A	≤ 0.01 Gallon / 분	≤ 0.01 Gallon / 분
Compartment pressurization seal	N/A	≤ 0.001 CFM	≤ 0.001 CFM

더 자세히 언급하고자 한다. 이용도의 gap filler는 원자력 발전소, 화력발전소, 화학공장 및 정유공장 등의 지진이나 지각변동에 민감한 시설물을 이들로부터 보호하기 위해 사용되는 특수응용분야이다. 이 gap filler는 내화성, 내약품성 내수성 및 내약품성이 뛰어나다. 제품의 형태는 독립구조의 셀을 갖는 실리콘폼으로서 소비자들의 요구에 따라 두께가 20mm에서 300mm의 sleet 형태로 공급한다. 이것은 거의 영구적으로 사용이 가능한 내지진용 충전물이다.

이들의 물리적특성을 보면, ASTM E - 84의 flame spread test에서 확산속도가 25이하의 우수한 내화특성을 가지고 있으며, 1×10^7 rad의 gamma radiation에서 물리적변화가 없다. 또한 이 충전물은 일반적인 약품에 노출되었을 경우 실리콘 고무와 같은 내약품특성을 가지고 있으며 장기간 물속에 침지시켰을 경우에도 팽윤현상이나 물을 흡수하는 현상이 존재하지 않는

내수성이 있다. 실리콘의 가장 대표적인 특성인 넓은 온도범위에서도 우수한 압축특성과 pressure seal 특성을 가지고 있다. 특히 당사의 seismic gap filler의 compression 특성은 상온에서 20%에서 7.11psi, 30%일때 9.95psi, 40%일때 15.6psi이고 60%일때 41.2psi로 대단히 우수하다.

그림 1과 그림 2는 국내 원자력발전소에 실리콘 방화제품으로 설계되어 사용되고 있는 대표적인 구조들의 도면들이다.

2.4 실리콘 방화재의 시공

실리콘 방화재를 시공하는 절차에는 크게 사전준비단계, 혼합단계, 설치단계 및 검사단계의 사단계로 나누어 진다.

사전준비단계에서는 개구부 및 관통부의 밀폐제가 설치될 곳의 표면에 먼지, 수분등 이물질을 철저히 제거하고 물기 및 습기를 제거한 후 담체를 설치한다. 밀폐제를 주입시 밀폐제

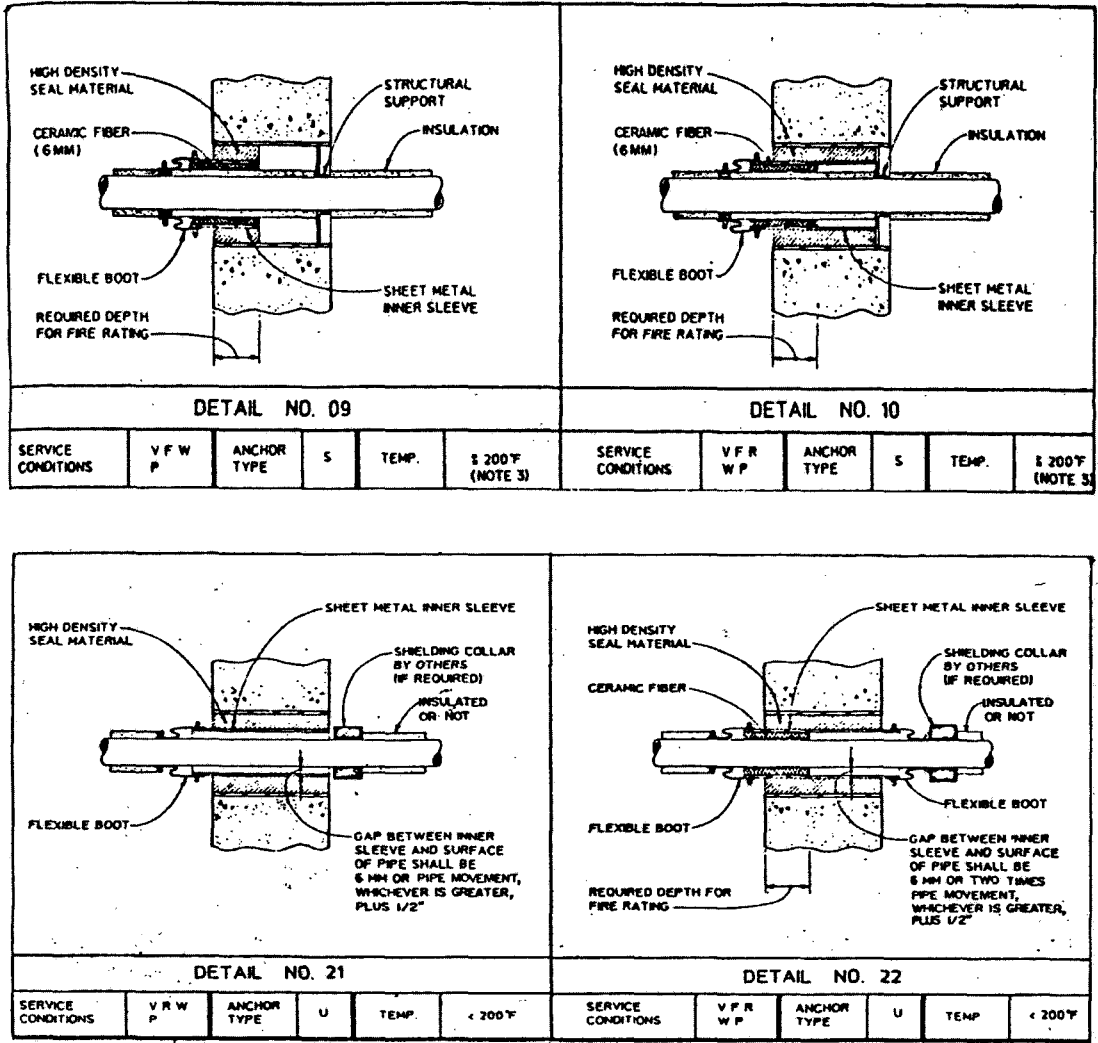


그림 2. 실리콘 방화재가 응용된 예 (원자력발전소)

의 자체하중이나 댐사이의 틈새가 있을시 밀폐재가 새어나와 부근의 설비가 오염될 수 있으므로 밀폐재 주입전 비닐등으로 보호설치를 하여야한다.

혼합단계는 주재와 경화제를 1:1로 혼합하는 단계로 가장 바람직한 구조를 얻으려면 혼합전 자재를 20±5℃ 정도에서 약 12시간 정도 보관 후 사용하는 것이 좋으며 주재와 경화제를 충분히 믹싱하여야 한다.

설치단계에서는 비, 눈 혹은 심한 안개 등의

날씨에는 작업을 피하는 것이 좋으며 건조구역이나 건물내부에는 확인하여 실시한다. 밀폐재 주입시 개구부의 면적크기에 따라 밀폐제의 자체하중을 고려하여 여러번 나누어 주입하는 것이 좋으며 2차 주입은 1차주입된 원료의 samp time후 주입하여 한다.

검사단계는 밀폐제를 주입하고 24시간이 경과한 뒤에 댐재를 제거하고 난 후 틈새가 있을 경우 다시 주입하여 완전 밀봉한다.

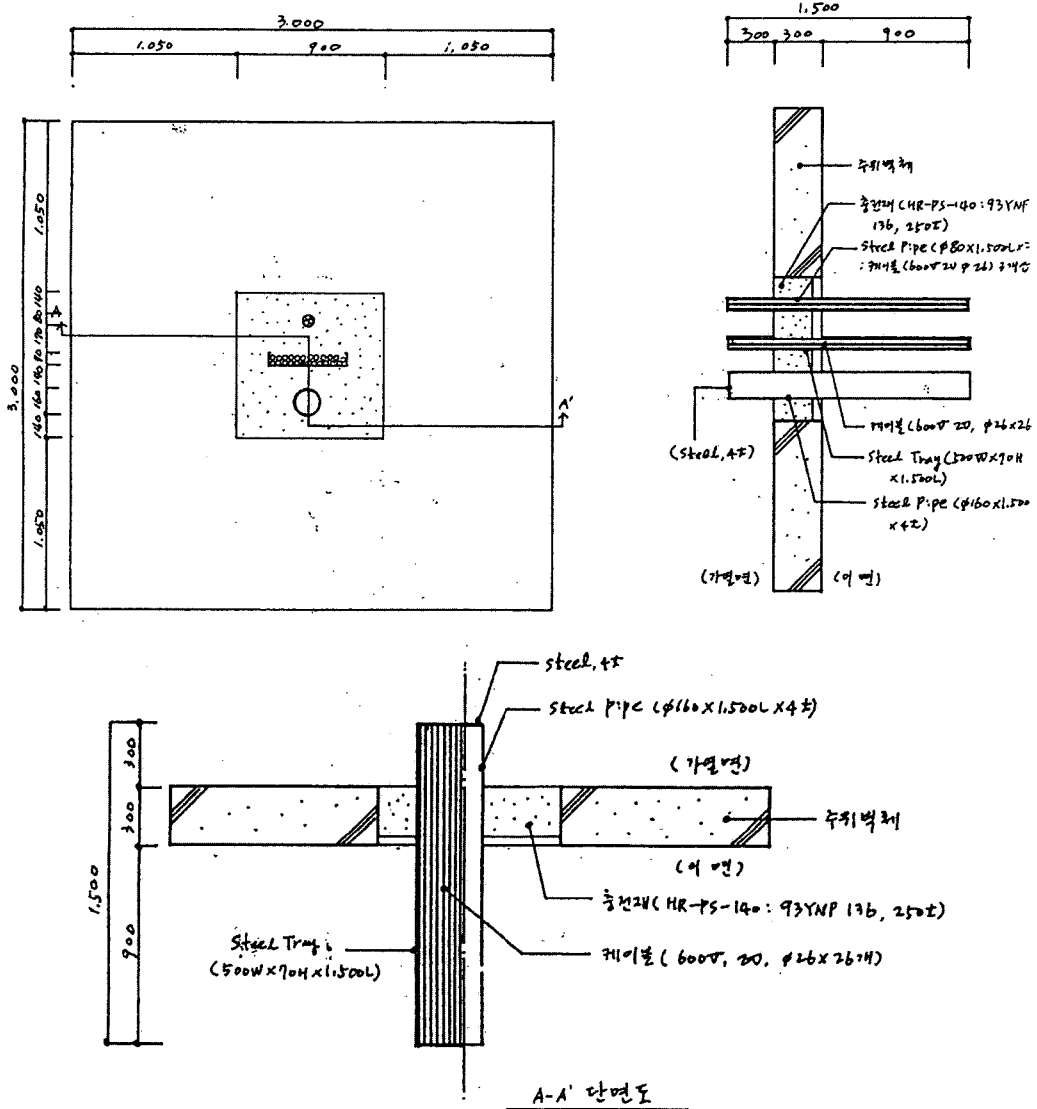


그림 3. FILK의 내화시험 도면 (시험체의 재료 및 구성)

3. 실리콘 방화재의 시험 방법 및 규격

3.1 Fire Stop Seal

건축 내화구조의 개구부(벽, 바닥, 천정)와 관통재(cable, pipe, duct 등)를 충전하여 화재의 확산을 방지하기 위해 쓰이는 방화재를 의미하며 이에 적용하는 국제규격으로는 미국에는 ASTM E 119, ASTM E 814, UL 1479, IEEE634,

ASTM E 84, 일본에는 BCJ, 한국에는 FS 012 등이 있다.

시험방법의 종류에는 벽체형과 바닥체형으로 나누어지며 로의 규격에 따라 시험방법, 시험체의 크기, 개구부의 크기가 달라진다. 그림 3과 그림 4는 실리콘 방화재의 ASTM E 814에 따라 시험한 FILK의 내화시험 도면이며, 그림

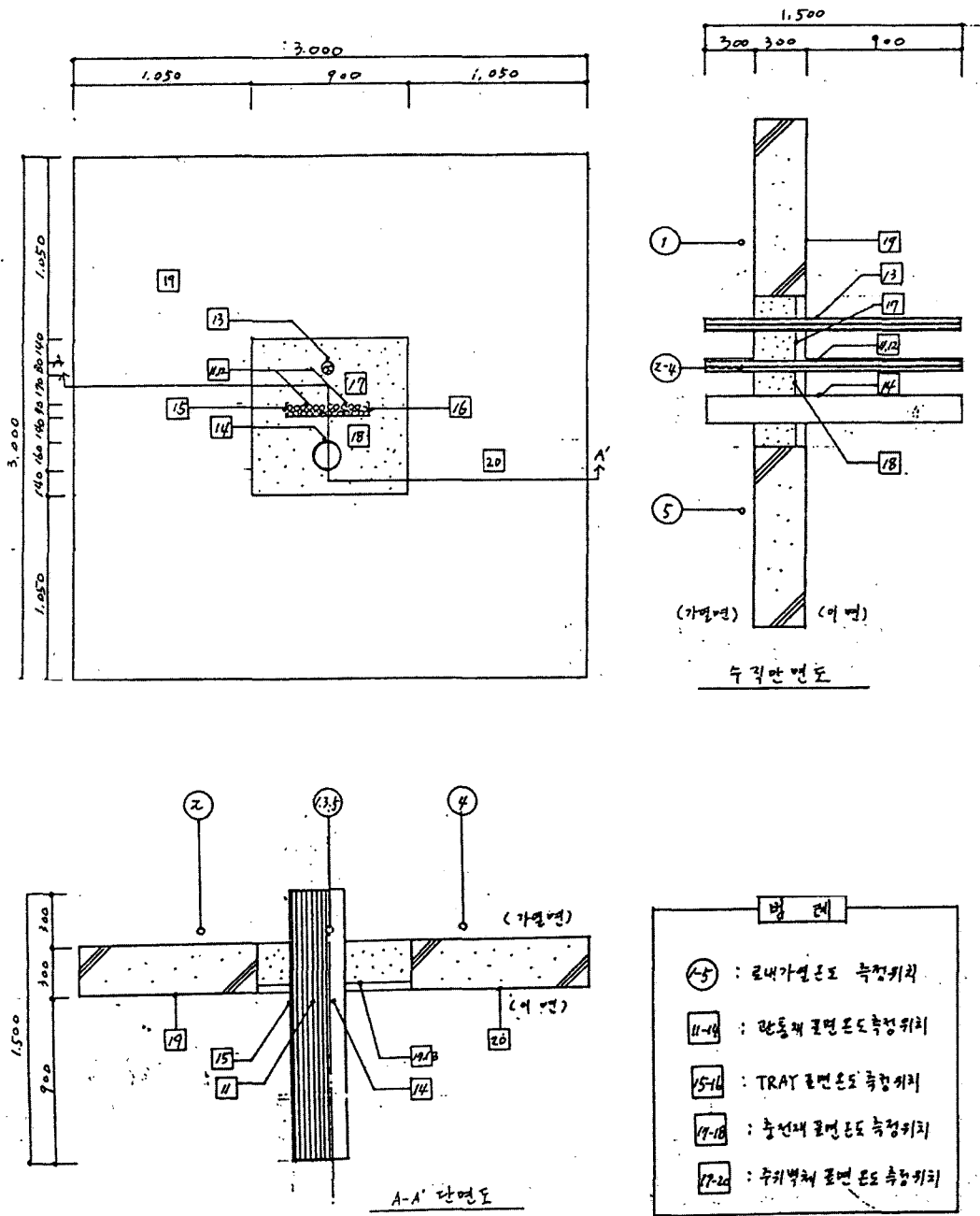


그림 4. FILK의 내화시험 도면 (시험 도면)

**-MATERIAL : OXYZEN INDEX
>28(ASTM D 2863)**

**-STRUCTURE : ASTM-E-119,814
UL1479,IEEE634**



그림 5. 실리콘 방화재의 방화시험

FIRE STOP MECHANISM

(ASTME119/814)

1. DECOMPOSITION MTL. (SiO_2)
2. Pt ~ OXYGEN
3. CLOSED CELL EXPANSION

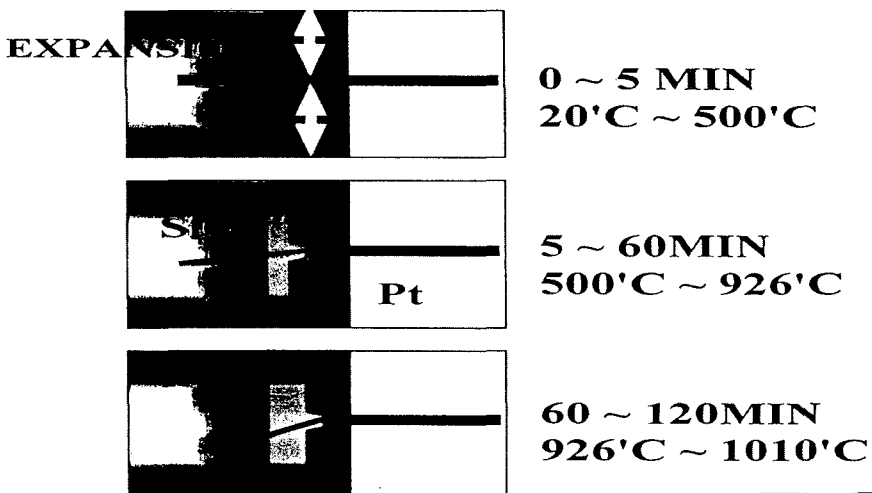


그림 6. 실리콘 방화재의 방화메카니즘

표 3. 화재확산방지 규격의 비교

	ASTM (미국)	FS 012 (한국)	BCJ (일본)
TIME	OPTION	OPTION	2HRS
CONCRETE	OPTION	OPTION	2400MM 1800MM 100THK
OPENING	OPTION	OPTION	0.24M ² 0.48M ²
CABLE TRAY	OPTION	OPTION	WIDTH 1000MM
CABLE	OPTION	OPTION	# & SPEC FIXED
CABLE LENGTH	300/900MM	300/900MM	300/1200MM
PASS TEMP.	< 181°C(ASTM) < 371°C(IEEE634)	< 181°C(ASTM) < 371°C(IEEE634)	< 260°C < 340°C

위의 [표 4]은 미국규격과 일본의 방화시험규격을 비교한 것이며 국내에서는 미국 ASTM규격에 준하여 시험하고 있다.

5는 방화시험기준의 중요한 부분을 표시한 그림이고, 그림 6은 실리콘방화재의 fire stop mechanism을 간략하게 그린 개략도이다.

3.2 Radiation Resistance Seal

ASTM E 1027의 방사선 조사 절차에 따라 시험하며 감마선으로 1×10^7 rad로 조사하였을 경우 물리적 변화가 없어야 한다.

3.3 Pressure Seal

이 시험에는 크게 ventilation seal, compartment seal 및 flood로 구분된다. Ventilation

seal 시험은 규정된 수두압에서 누수현상이 없어야 한다. Compartment seal 시험은 고밀도 실리콘방화재의 경우 8psi의 steam 압력으로 (310°F의 포화증기) 2분 동안 체크하여 누수가 분당 818 cc/min 이하이어야 한다.

Flood seal 시험인 경우 2분마다 1 psi씩 상승시키면서 체크하며 8.7 psi까지 체크한 결과 누수가 분당 0.01 gallon (37.85cc) 이하이어야 한다.