

내화도료 내구성 평가 방법 설정에 관한 연구 The Research for the Establishment of Test Method of Durability on Intumescent Coating System

최동호†

Dong-Ho Choi†

방재시험연구원

(2008. 8. 18. 접수/2009. 2. 13. 채택)

요 약

현재 철골부재의 내화성능 확보를 위해서 다양한 내화피복방법이 적용되고 있으며, 따라서 이중 하나가 내화도료 피복 시스템의 적용이다. 하지만 내화도료 시스템의 경우 시공후 시간경과에 따라 균열, 탈락 등에 의한 내구성 저하 및 이에 따른 내화성능 상실의 우려가 있으며, 이에 따라 건축 설계 및 시공 초기에 시간경과에 따른 내구성 변화를 파악하여 이에 대비할 수 있는 평가방법 및 유지관리 등에 대한 고려가 필요하다. 이에 본 연구에서는 시간경과에 따른 내화도료의 내구성 평가 및 이에 대한 관리방안을 제시하기 위하여 영국을 비롯한 기타 국가의 관련 자료를 조사하여 국내에 적용할 수 있는 내화도료 내구성 평가방법 및 유지관리에 필요한 기초 자료를 제시하도록 하였다.

ABSTRACT

Applying fire resistive coating to steel members is one of the general methods to secure fire resistance performance of steel members. And intumescent coating system is currently one of methods giving fire resistance to steel members. Intumescent coating system for fire resistance, however, has undesirable weaknesses that fire resistance performance of steel members is being deteriorated due to cracks and falling-offs of the coverings as time goes after completion of the coverings to the members. So it is necessary to understand changes of the durability and the fire resistance performance of intumescent coating system over a time elapse and to reflect such change properly into the building design and construction. This research is performed to present the test method of durability and the maintenance of intumescent coating system through theoretical investigation of the test method of durability and the guide of maintenance & management of intumescent coating system of several countries, including the Britain, United States, Japan.

Keywords : Intumescent coating system, Durability, Maintenance & Management

1. 서 론

현재 국내에서는 철골건축물에 적용되는 부위별로 다양한 내화구조 시스템이 사용되고 있으며, 첨단 건축구조 및 환경적 요인의 증대에 따라 시공 후 폐기물 및 공해의 위험이 적은 내화도료의 수요가 점차 늘어나고 있다. 그러나 내화도료는 재료의 화학적 성분, 시공방법 등에 따라 그 성능에 차이가 있으며, 특히 외부 환경 등에 의한 영향으로 시간 경과에 따라 내구성

이 변화되어 최종적으로 요구되는 내화성능이 저하될 우려가 있다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 시공시의 품질확보와 더불어 시간경과에 따른 내구성을 확보하기 위한 적절한 시험·평가방법에 대한 연구가 필요하다.

이미 영국, 독일 및 일본 등 외국에서는 이러한 내화도료에 대한 내구성을 평가하고 이에 따른 유지관리를 실시하고 있으며, 관련 연구도 활발하게 진행하고 있다. 이에 따라 본 연구는 국내 내화도료의 내구성 평가 및 유지관리를 위하여 이들 국가에서 시행하고 있는 관련 규정 및 연구사례를 조사하여 전체 연구에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

† E-mail: cdh1118@hanmail.net

2. 내화도료 내구성 관련 규정

2.1 독일, 영국

독일에서는 내화도료 내구성을 시험체에 대한 촉진 내구성시험, 옥내·외 폭로 및 내화시험으로 평가하고 있다.

촉진내구성시험은 옥내용 내화도료의 경우 24시간을 1 Cycle로 하여 3주 동안 반복하며, 옥외용 내화도료에 대하여는 4주 동안 온습도 부하, 크세논아크 조사, 염수분무, 아황산가스 폭로 등 실외에서의 다양한 내구성 저하조건을 반영한 평가방법을 규정하고 있다.

폭로시험은 옥내·외용 내화도료로 구분하여 옥내용 내화도료는 폭로기간을 각각 2년, 5년으로 정하고 옥외용 내화도료는 공장기후, 해양성 기후 등 기후조건을 반영한 2년, 5년, 10년의 폭로기간을 정하여 실시하고 있다. 또한 내구성시험 및 폭로시험이 완료된 시험체에 대하여 DIN 4102에 의한 가열시험을 실시하여 내화도료의 내구성 변화에 따른 내화성능을 평가하고 있다.

상기의 촉진내구성 시험을 통하여 내화도료의 내구성 확인이 이루어지면 3년간의 유효기간이 주어지며 2년간의 실제 폭로시험으로 성능이 확인되면 다시 5년의 유효기간이 주어진다. 또한 5년간의 폭로시험에 의해 유효기간을 5년간 연장할 수 있으며, 10년간의 실제 폭로시험으로 성능 확인 시 내화도료에 대한 내구성을 영구히 인정하고 있다.

영국에서는 BS 8202 Part 2에 의해 내화도료의 내구성 평가와 시공 및 유지관리가 이루어지고 있다.⁴⁾

BS 8202 Part 2에서는 내화도료가 시공되는 환경조건을 완전 실외, 완전 실내, 중간대 3분류의 5가지로 구분하고 각각에 대한 촉진내구성 및 옥내·외 폭로 시험을 규정하고 있다.

독일과 영국의 내화도료 유지관리 규정을 보면 독일은 건물에 대한 적용조건으로 내구성 평가를 법적으로 규정하는데 반하여 영국에서는 내구성 평가를 내화도료 제조업체에서 자발적으로 내구성을 평가한다는 점에서 차이가 있으며, 내구성을 평가하는 목적에서도 내구성 및 폭로시험 후의 내화시험으로 평가한다는 방법론은 독일과 영국이 동일하지만 독일의 경우는 시험의 목적이 내화도료의 유효기간을 정하기 위한 것이고, 영국의 경우는 내화도료가 시공되는 환경 하에서 내화성능을 계속 유지할 수 있는 재료와 내구성이 저하될 가능성이 있는 재료를 판단하는 기준을 제공한다는데 그 목적을 두고 있다는데 차이가 있다. 또한 독일의 경우 내화도료의 내구성 시험이 국가에서 공인한 시험기관

Table 1. Promoted Durability Test Method for Intumescent Coating System (Internal)

구분	독일	영국 ⁴⁾
시험방법	복합 Cycle	개별 시험
시험항목	고습도 폭로	1Cycle 35°C 이상, 250시간
	동결 융해	21Cycle -20°C, 4시간 20°C 80% RH, 4시간 40°C 50% RH, 16시간
		5Cycle -20°C, 24시간 20°C, 24시간

Table 2. Promoted Durability Test Method for Intumescent Coating System (External)

구분	독일	영국 ⁴⁾	
시험방법	복합 Cycle	개별 시험	
내화도료 (상도 미포함)	7Cycle 4°C, 100% RH 8시간 실온, 75% RH 16시간	-	
내화도료 (상도 포함)	자외선 폭로	20시간(크세논 아크) 55°C, S-WOM(Xe램프)	2,000시간 (자외선 카본아크) 20°C, 19/24시간 발수
	동결 융해	4Cycle 40°C 노출 -25°C 노출 70°C 노출	10Cycle -20°C, 24시간 노출 20°C, 24시간 노출
	고습도 폭로	40°C, 100% RH, 167시간	1,000시간, 35°C 이상
	아황산 가스 폭로	1Cycle, 7시간	20Cycle (40±3)°C, 8시간 폭로 16시간 공기 중 노출
염수 분무	25°C, 7시간	해수 20°C, 2,000시간	

Table 3. Specimen and Criterion for Promoted Durability Test

구분	독일	영국 ⁴⁾
시험체	옥내용 500mm × 500mm × 5t 옥외용 300mm × 200mm × 5t	H형강 152mm × 152mm × 500mm H _p /A = 165
수량	옥내	2개
	옥외	2개(상도 포함) 2개(상도 미포함)
판정 기준	외관, 강판 온도, 발포 시간 발포종류, 발포층 체적 도료 부착성, 발포구조	내화시간의 차 25% 이내 54분 강재평균 550°C 이하

Table 4. Specimen for Exposure Test and Criterion for Heat Exposure Test

구분	독일	영국 ⁴⁾
시험체	500mm × 500mm × 5t	H형강 152mm × 152mm × 500mm H _p /A = 165
수량	옥내 4개(2년, 5년)	1개
	옥외 12개(2년, 5년, 10년) 각 3개소	1개
판정 기준	외관, 강판 온도, 발포 시간 발포종류, 발포층의 체적 도료 부착성, 발포구조	가열시험 내화시간의 차 25% 이내 54분후 강재평균 550°C 이하

Table 5. Promoted Durability Test Method for Intumescent Coating System (Internal)^{1,3)}

구분	일본
시험방법	복합 Cycle
고습도 폭로	1Cycle, (40 ± 2)°C, 95% RH, 48시간
동결용해	21Cycle (-20 ± 2)°C, 4시간 공기 중 노출 (20 ± 2)°C, 4시간 공기 중 노출

에서 실시되는데 반하여 영국에서는 내화도료 제조업체의 자체적인 시험기관에서 시험을 실시하고 있다.

Table 1-4는 독일과 영국에서 규정하고 있는 내화도료 촉진내구성·폭로 시험방법 및 판정기준이다.

2.2 일본

일본에서는 건재시험센터에서 1989년 내화도료 시스템의 촉진시험을 중심으로 하는 내화도료를 이용한 철골내화구조 취급규준을 제정하여 건설대신의 특별인정 취득 시 참고자료로 활용하도록 한 것이 내화도료 내구성 관리의 시초가 되었으며, 1998년 일본강구조협회의내화도료 유지관리 지침이 제정되어 내구성 평가 및 유지관리에 적용되고 있다.

Table 5~10은 일본에서 규정하고 있는 내화도료 촉진내구성·폭로 시험방법 및 판정기준이다.

2.3 미국

미국은 내화도료의 내구성에 대하여 ASTM E 1529 (Standard Test Methods for Determining Effects of Large Hydrocarbon Pool Fires on Structural Members and Assemblies, 2000)와 UL 1709(Rapid rise fire tests

Table 6. Promoted Durability Test Method for Intumescent Coating System (External)^{1,3)}

구분	일본	
시험방법	복합 Cycle	
내화도료 (상도 미시공)	1Cycle, (20 ± 2)°C, 48시간 수증침지	
내화도료 (상도 시공)	자외선 폭로	336시간(선 샤인 카본아크) 블랙패널 63°C, 12/60분 발수
	동결 용해	7Cycle (-20 ± 2)°C, 15시간 노출 (20 ± 2)°C, 9시간 수증침지
	고습도 폭로	3Cycle (40 ± 2)°C, (95~100)% RH, 6일 노출 (40 ± 2)°C, (55~60) % RH, 1일 노출
	이황산 가스폭로	1Cycle, 8시간
	염수 분무	352시간, 염수농도 5%, 35°C

Table 7. Specimen and criterion for promoted durability test^{1,3)}

구분	일본
시험체	300mm × 300mm × 3.2t
시험체 수량	옥내, 3개
	옥외, 상도 포함 및 미포함 각3개
판정 기준	외관 관측으로 시험체의 균열, 부풀음, 변색 등 관찰

Table 8. Condensation and Wet Time of Complex Cycling Test

항 목		일 본 ^{1,3)}	독 일
결로 및 WET 시간	내후성 폭로(강우)	59	12
	동결용해	87	0
	고습도(결로) 폭로	432	128
	SO ₂ · NH ₃ 폭로	8	24
	염수분무	252	8
	고습도(92% RH) 폭로	84	256
결로율 (결로시간 + 접수시간)/시험시간		61%	26%
WET율 (결로시간 + 접수시간 = 92% RH시간) /시험시간		67%	64%
자외선조사시간		294	16
시험시간		1,376	672

Table 9. Exposure Test for Intumescent Coating System^{1,3)}

용도	폭로 시험장	시험체 각도	폭로 기간
옥내	일광, 비, 바람 영향 없고 결로가 어려운 장소	수직	5, 10, 15, 20년
옥외	연평균 일사시간 > 900h 연평균 일사량 > 4000MJ/m ² 연간 강수량: 1300mm	수평 30°, 45°	2, 5, 10, 15, 20년

Table 10. Specimen for Exposure Test and Criterion for Heat Exposure Test^{1,3)}

구분	일본	
시험체	300mm × 300mm × 3.2t~6t	
시험체 수량	옥내	12개(5년 × 4회, 1개소)
	옥외	5개(2년후 × 1회, 5년 × 4회, 1개소)
폭로 시험	옥내	5년마다 4회, 1개소
	옥외	5년마다 4회, 1개소
판정 기준	외관 관측으로 시험체의 균열, 부풀음, 변색 등 관찰	

of protection materials for structural steel, 2005)에서 규정하는 축진양생, 고습도·SO₂·CO₂ 폭로, 습윤동결융해 및 염수·산(Acid)·Solvent 분무시험을 실시하고 있다.

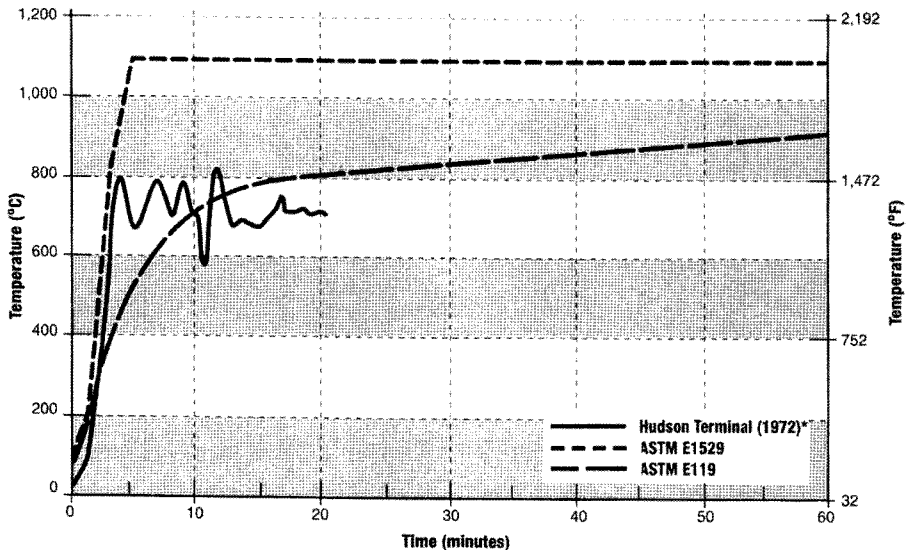
현재 ASTM E 1529(UL 1709)의 가열조건에서는 가

Table 11. Durability Test of Intumescent Coating System (ASTM E 1529, UL 1709)

항 목	ASTM E 1529, UL 1709
축진양생	(70 ± 2.7)°C, 180일
고습도 폭로	(35 ± 1.5)°C, (97~100)% RH, 180일
대기오염 폭로	SO ₂ 및 CO ₂ 노출, (35 ± 1.5)°C에 30일 노출
염수분무	ASTM B 117-90에 의한 방법으로 90일
습윤동결융해	총 12Cycle 0.005mm/s 물 72시간 분무 후(-40 ± 2.7)°C, 24시간 노출 및 (60 ± 2.7)°C, 72시간 노출
Acid 분무	2% HCl 용액 5일 분무
Solvent 분무	총 5Cycle (21 ± 2.7)°C에서 solvent 분무 후 18시간 건조

열시험 시 축진시험체의 내화시간이 비축진시험체 내화시간의 75% 이내의 범위인 경우 내화도료의 내구성이 저하되지 않는다고 규정하고 있지만 이는 구조물이 급가열되는 경우를 가정한 것으로 ASTM E 119 및 ISO 834 등의 표준화재조건과는 가열조건에서 차이가 있다(가열 10분 이내에서 최고 500°C, 1시간 경과시 200°C)(Figure 1).

현재 UL 및 NIST(National Institute of Standard and



*Hudson Terminal experiment conducted with normal office fuel load (6 psf) (DeCicco, et al. 1972)

Figure 1. Temperature/time curve of ASTM E 1529 (UL 1709) and ASTM E 119.

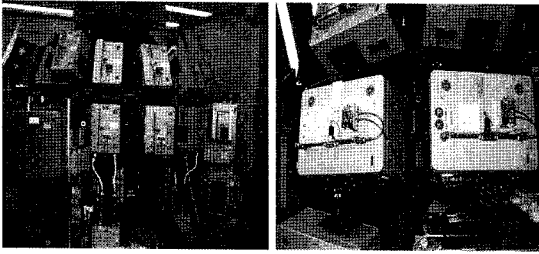


Figure 2. Promoted durability test apparatus (NIST).

Technology)를 주축으로 내화피복재 및 도료에 대한 내구성 시험방법인 UL 2431(Standard for Durability Tests for Fire Resistive Materials Applied to Structural Steel)의 제정 작업이 진행되고 있다.

3. 내화도료 내구성 관련 연구

3.1 일본

일본에서는 1993년부터 일본강구조협회를 중심으로

Table 12. Study for Durability of Intumescent Coating System (Japan, 1st)²⁾

구분		관정기준
시험항목		- 촉진내구성 시험 - 촉진 내구성 시험 후 가열시험
시험조건	촉진 내구성 시험	- 내수성: 20°C, 2일 - 내습성: 40°C, 98% RH, 7일 - 내자외선: 슈퍼 UV-F, 20H - 아황산가스: 16H ※ 상도시공 시 내자외선, 아황산가스 시험 생략
	가열 시험	- 전기로 (W250 × H250 × D250mm, 공기유량 5 l/min) - 가열시간 30분(JIS A 1304의 연소 커브) - 시험체의 이면 2개소 온도 측정
촉진 내구성 시험 결과	상도 미시공	내수성 - 시험체 중량은 초기보다 감소 - 자연 건조 시 시험 7일 후 중량변화 없음 - 강제 건조 시 시험 1일 후 중량변화 발생, 7일 후 중량변화 없음 - 1차 건조 시 일부 도막외관에 이상 발생
		내습성 - 자연 건조 시 시험 7일 후 중량변화 없음 - 강제 건조 시 중량변화 없음 - 상온 건조 시 일부 도막외관에 이상 발생
		내자외선 - 일부 시험체 변색 발생 - 전체 시험체의 도막 외관 양호 - 전체 시험체에서 중량변화 없음
		아황산가스 폭로 - 전체 시험체에서 중량 및 외관 변화 없음
상도 시공	- 내수 · 내습 · 내자외선 · 아황산가스 시험 시 중량 및 외관 변화 없음	
가열 시험 결과	상도 미시공	- 내수 · 내습성 시험 후 가열 시 초기와 강판온도 차이 없음 - 자외선 조사 및 아황산가스 폭로후 가열 시 초기와 발포배율, 강판 온도 차이 없음
	상도 시공	- 내수 · 내습 · 내자외선 · 아황산가스 시험 후 가열 시 초기와 발포배율, 강판온도 차이 없음
결과 종합		- 상도 시공 시 모든 시험 항목에서 이상 없으며 내화성능 유지됨 - 상도 미시공 시 내수시험에서 도막 외관 손상, 내부 성분 용출에 의한 중량 감소 발생, 내화성능 변화 없음 - 상도 미시공 시험체에 자외선 · 아황산가스 노출 시 외관 변색, 내화성능 변화 없음 - 촉진 내구성 시험 시 상온건조 7일간과 50°C에서 7일간 양생한 시험체 모두 내화성능 변화 없음 - 내화도료는 수분에 영향(중량 감소, 가열시 발포 배율 저하)을 받으나 자외선, 아황산가스 영향은 없음 - 촉진내구성 시험조건 시 상도 시공 시험체에서 도막 외관 변화, 중량 감소, 내화성능 저하 발생 없음

Table 13. Study for Durability of Intumescent Coating System (Japan, 2nd)²⁾

구분		판정 기준
실험체		- 내화도료 3종 - 상도 미시공, 상도 시공
시험항목		- 촉진내구성 시험(S-WOM·동결융해·고습도·염수분무·내수성 시험) - 폭로 시험(단기 및 장기 폭로) - 초기 시험체 및 촉진내구성 시험 후 가열시험
시험조건	촉진내구성 시험	상도 시공 - S-WOM: JIS K 5400에 의한 2000시간 - 동결융해: -20°C × 2시간 공기 중 동결, 20°C × 2시간 수중융해로 1250Cycle - 고습도: JIS K 5400에 의한 40°C, 98%RH에서 1000시간 - 염수분무: JIS K 5400에 의한 염수(35°C, 5% NaCl) 분무로 5000시간 - 내수성: JIS K 5400에 의한 20°C 수중에서 100일 침지
	실외 폭로	상도 미시공 - 내수성 · 20°C 항온실내 건조, 1, 2, 4, 7일 후 중량 측정 및 외관 관찰 · 시험 종료 후 50°C, 2일 건조, 중량 측정 및 외관 관찰
	가열 시험	- 촉진 내구성, 폭로 시험후 3주 경과시 가열 - 가열중 시험체의 이면온도 측정, 발포상태 관찰
	실외 폭로	- JIS A 5400에 의한 내구성 시험 장치를 이용 - 6개월, 1년, 1.5년 폭로
시험결과	촉진내구성 시험	상도 시공 - 동결융해·고습도·내수시험 후 도막 외관 이상 없음 - 염수 분무·S-WOM 시험시 모서리부에 균열 - 촉진내구성 시험시 도막 중량 변화 없음 - 동결융해·고습도·내수시험 후 가열 시 온도 변화 없음 - 염수 분무·S-WOM 시험 후 가열 시 모서리 균열로 인한 온도상승 발생
	실외 폭로	상도 미시공 - 수중침지에 따라 모든 시험체의 도막 외관 부품 및 균열 발생. - 건조 후 도막 중량 감소(도막성분의 용출) - 상도 미시공 시 내화성 저하 발생
	실외 폭로	- 상도 시공 시 0.5년, 1년, 1.5년 폭로시 외관 이상 및 내화성능 저하 없음 - 상도 미시공 시 1.5년 폭로시 일부 시험체 균열 발생 및 내화성능 저하
결과 종합		- 상도 시공 시 S-WOM(2000시간), 동결융해(1250Cycle), 고습도(1000시간), 염수분무(5000시간), 내수성(100일) 시험에서 내화성능 저하 없음 - 상도 시공 시 0.5년, 1년, 1.5년 폭로 시 외관 이상 및 내화성 저하 없음 - 상도 미시공 시 내수시험(4일), 실외폭로시험(0.5~1.5년)에서 내화성 저하 발생(상도 미시공 시 촉진 내구성 시험 필요.) - 실내에 사용하는 도료의 경우 촉진 내구성 시험 항목중 S-WOM·동결융해·염수 분무 시험은 생략 가능

내화도료의 내구성 평가 및 유지관리 방법 등을 설정하기 위하여 Table 12 및 13의 내구성 연구를 실시하였다.

3.2 프랑스

프랑스에서는 1979~1987년까지 8년 동안 프랑스 내무성 산하 CTICM(Centre Technique Industriel de la Construction Métallique)에서 ISO 834의 표준화재조건(Figure 3)을 적용한 내화도료에 대한 옥내 폭로시험연

구를 실시하였다. 연구결과 옥내 폭로 시 내화도료의 내구성이 내화성능에 영향을 미칠 만큼 저하되지 않는다는 연구결과가 도출되었으며, 이에 따라 현재 프랑스에서는 옥내에 시공된 내화도료에 대하여 2~3년마다 실시했던 상도도료의 재시공을 실시하지 않고 있다.

3.3 기타

벨기에에는 옥내도료에 대한 2개월, 4년 폭로 및 가열

Table 14. Exposure Test for Intumescent Coating System (Internal, CTICM, France)

구분	시험 개요
시험체	강관(□ - 150 × 50 × 3.2)
폭로 기간	1개월, 1년, 3년, 8년
시험 방법	- 옥내 폭로 후 ISO 834의 표준가열곡선을 적용한 가열시험 - 가열 중 1.3m span에 대한 재하시험

Table 15. Test Results of Exposure Test for Intumescent Coating System (Internal, CTICM, France)

시험항목	폭로기간	1개월	1년	3년	8년
	100°C	4	3	3	2
온도 상승 시간(min)	100~200°C	5	2.5	4	3
	200~400°C	14	214	18	13
내화성능(min)		26	29	26	26
붕괴시 강재온도(°C)		455	510	490	550

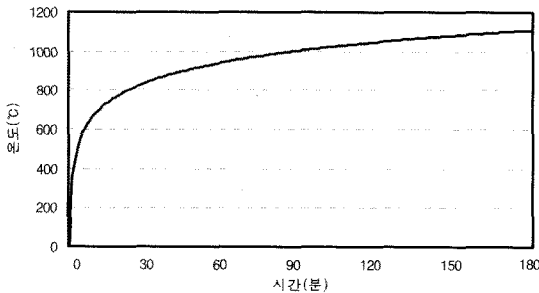


Figure 3. Standard time-temperature curve (ISO 834).

시험을 실시하여 시험체 온도 540°C까지의 온도상승시간을 측정된 결과, 프랑스의 경우와 마찬가지로 상도도료가 시공된 경우에는 폭로 시 내화성능의 저하가 발생하지 않는 결과를 도출하였다.

현재 유럽의 내화도료 내구성 관리에서 주목할 사항은 Euro Code의 제정동향으로 Euro Code 제품지정에는 구조물의 내구성에 관한 조항이 규정될 예정이다. 단, 단기적으로 독일에서는 과거의 내구성 시험 결과로부터 내화도료 내구성 저하가 수분과 온도변화에 기인한다는 평가하에 내구성 시험 시 고습도 폭로와 동결융해시험을 강화하고, 크세논램프 조사시험은 삭제하는 방향으로 평가방법 개정이 진행되고 있다.

영국에서는 평가방법 및 유지관리에 대해 내화인정을 3년에 1회로 변경할 것과 내구성 평가 시 BS 8202

Part 2의 규격을 도입할 것인지에 대한 검토가 진행되고 있다.

4. 내화도료 내구성 항목 설정

외국의 내화도료 내구성 평가방법을 검토하여 본 연구에서 기본적인 내화도료의 내구성 평가 항목을 설정하였다. 이를 위하여 기본적인 환경조건으로 국내의 온습도와 평균동결융해일수를 조사한 결과 국내 최고온도는 8월에 평균 30°C 이상, 최저온도는 1월에 -10~-15°C, 상대습도는 50~90%, 동결융해일수는 전국 평균 73Cycle, 최대 106Cycle로 나타났다. 따라서 위에서 서술한 국내 환경조건을 고려하여 실내 및 실외에 적용되는 내화도료 내구성 평가 조건을 선정하는 것이 바람직하며, 특히 동절기의 경우는 실내난방에 의하여 상대습도가 낮아지는 경향이 있으므로 약 30%대의 낮은 상대습도조건을 포함하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 동결융해의 경우는 최저기온 및 융해온도, 기온차, 융해시간 등에 따라 그 성상이 다양하므로 실내외 폭로시험 외에 비교평가를 목적으로 한 시험실 촉진시험을 실시할 필요가 있다.

외국에서는 내화도료 내구성 평가 시 촉진내구성시험과 옥·내외 폭로 및 이들 시험 후의 가열시험을 실시하고 있으며, 촉진내구성시험으로는 고습도 폭로, 동결융해, 자외선폭로, 아황산가스폭로 및 염수분무 시험을 실시하고 있다. 단, 위와 같은 촉진내구성 평가 항목에 대한 검증에 위하여 일본 등 외국에서 실시한 연구결과를 검토하면 1993년부터 일본에서 실시한 내화도료 내구성 관련 연구에서 촉진내구성시험 시 상도도료를 시공한 내화도료의 경우 자외선 및 아황산가스의 영향으로는 내화도료에 큰 열화현상이 나타나지 않았으며, 이들 시험 후 실시한 가열시험에서도 내화성 저하가 발생하지 않았다는 연구결과가 있다.²⁾ 또한 독일의 경우 촉진내구성 시험에서 자외선조사의 제외를 검토하고 있는 중이다.

위와 같은 연구결과와 현재 국내의 시험조건 등을 감안하여 본 연구에서는 내화도료의 내구성 항목을 고습도 폭로, 동결융해 및 염수에 대한 부식저항성으로 설정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

촉진내구성시험과는 별도로 옥내·외 폭로의 경우 일본, 프랑스 등에서 수행한 옥내·외 폭로 연구결과를 참고하고 현재까지 내화도료의 내구성 관리에 대한 경험 등이 부족한 국내현실을 감안하여 옥내·외 폭로 기간을 최소 6개월~2년으로 정하고 폭로조건 등은 KS M 5000 3241에서 정하는 조건으로 설정하였다.

5. 결 론

본 연구 수행결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 외국에서는 촉진내구성 및 옥·내외 폭로시험에 의해 내화도료의 내구성을 평가하고 있으며, 이러한 평가에 따라 10년까지 내구성을 유지관리하고 있다. 따라서 국내에서도 내화도료 내구성에 대한 평가 및 유지관리가 필요한 것으로 판단된다.

2) 외국의 내구성 관련 연구를 조사한 결과 내화도료의 내구성은 촉진내구성 및 옥·내외 폭로 시험과 이후의 가열시험으로 평가하는 것이 바람직하다고 판단된다.

3) 내화도료 내구성 평가 중 촉진내구성 항목은 고습도 폭로, 동결융해 및 염수에 대한 부식저항성으로 설정하며, 옥·내외 폭로 시 폭로기간은 최소 6개월~2년으로 설정하는 것이 필요하다고 판단된다.

본 연구는 총3년의 연구에 필요한 내화도료 내구성 평가 및 유지관리의 기초 자료를 제시할 목적으로 수행되어진 것이며, 향후 연구진행으로 촉진내구성, 옥·내외 폭로 및 가열시험등에 의한 시간경과에 따른 내화도료 내구성 평가 및 위에서 제시된 평가방법에 대한 검증이 진행될 것이며, 이에 따른 평가항목의 조정

및 재설정 등이 이루어진후 최종적으로 국내실정에 적합한 내화도료의 내구성 평가 및 유지관리방법이 제시될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행중인 2005년도 건설기술기반구축사업(05기반구축A09-01)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. (社)日本鋼建構造協會, “耐火塗料の實用化評に關價する調査研究”(1998).
2. Y. Sakumoto, “Durability Evaluation of Intumescent Coating for Steel Frames”, Journal of Materials in Civil Engineering, pp.23-27(2001).
3. (社)日本鋼建構造協, “鐵骨造建築の耐久設計ガイドブック”(1998).
4. BS 8202-2, Coating for fire protection of building elements-Part 2 : Code of practice for the use of intumescent coating system to metallic substrates for providing fire resistance(1992).