

내화도료의 내구성에 관한 실험적 연구(I)

건축구조부 선임연구원 / 공학박사 || 최동호

1. 서론

현재 건축물에 화재가 발생하는 경우 인명과 재산피해를 최소화하기 위하여 건축물의 기둥, 보, 벽, 바닥 등과 같은 주요 구조부는 내화구조로 구성하도록 규정하고 있으며, 특히 철골조 건축물의 경우는 화재시 고온에 의하여 주요 부재의 내력이 건축물을 유지할 수 없을 만큼 저하되어 건축물이 붕괴되는 위험을 방지하기 위하여 일반적으로 내화피복(건식, 습식, 도료), 데크플레이트 합성바닥판 등으로 1~2시간의 내화성능을 인정받도록 하고 있다.

하지만 이러한 내화구조에 대한 성능인정의 경우 그 구조 및 재료에 대한 제작초기의 내화성능을 위주로 평가와 인정이 이루어지고 있으며, 기 인정된 내화구조에 대한 장기적인 내구성 변화에 대하여는 별다른 검토 및 관리가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 내화피복재 및 내화도료의 경우는 외부 환경 등에 따라 그 내구성의 변화가 발생할 수 있으며, 이에 따라 내화성능 역시 저하할 수 있으므로 제품의 내구성 확보 및 이를 적정하게 시험·평가할 수 있는 기술개발이 필요하다.

이에 본 연구는 철골구조물에 적용되는 내화도료의 내화성능에 영향을 줄 수 있는 시간경과에 따른 내구성에 대한 평가 및 유지관리방안을 제시할 목적으로 수행하게 되었으며, 본고는 그 범위를 내화도료의 내구성 유지·평가 등에 대한 기초이론 및 초기실험 등에 대한 내용으로 구성하고자 한다.

2. 내화도료의 구성 및 내화구조 인정

내화도료는 철골부재의 내화피복을 위한 도료로서, 도장시스템은 일반적으로 '하도(방청도료)+중도(내화도료)+상도(일반도료)'로 구성된다. 내화도료 중 하도는 KS M 5311에서 규정하는 일반적인 방청성 도료(광명단)로서 내화도료 사양에 따라 사용되며, 상도는 중도인 내화도료를 보호하기 위해 내구성이 있는 염화고무계도료, 알키드계도료 및 에폭시/우레탄도료 등이 흔히 사용되고 있다.

〈표 1〉 내화구조 인정 내화도료의 품질 현황

항목	품질 현황	
	무기도료	유기도료
비 중	1.3 ~ 1.7	1.25 ± 0.20
점 도	2,000~40,000 cps	110 ± 20 KU
흐름성 (mil)	80 이상	-
안료분 (wt %)	52 ± 3	52 ± 3
불휘발분 (wt %)	60~80	68 이상
건조시간 (지축건조, min)	120 ~ 240	30 ~ 60 이하

내화도료는 크게 무기 내화도료와 유기 내화도료로 분류할 수 있는데, 유기 내화도료는 도막을 발포하기 용이한 상태로 만들어 주는 수지, 가스를 방출시켜 도막을 수습 배의 두께로 발포시켜 주는 발포제, 탄화도막의 주성분을 제공하는 탄화제, 가스방출과 탄화도막 형성반응을 촉진시키는 촉매

등으로 구성되며, 무기 내화도료는 결정수를 포함하는 무기질 수지 및 흡열 반응을 일으켜 외부의 열을 흡수하여 철골을 보호할 수 있는 기능성 안료 및 반응을 촉진하는 촉매 등으로 구성된다.

현재 국내에는 7개 업체 총 9종의 내화도료가 내화구조로 인정되어 있으며, 이들의 일반적인 품질 현황은 <표 1>과 같다.

3. 내화도료 내구성 평가, 유지 관리

3.1 국내 현황

현재 국내에는 내화도료의 내구성에 대한 성능 기준 및 시험방법이 별도로 제정되어 있지 않으며, 단지 내화도료, 방염도료, 단열도료 및 난연도료를 모두 포함하는 개념으로서의 방화도료에 대한 기준이 KS M 5328에 규정되어 있다. 방화

도료를 제외한 일반 도료의 경우 내습성 및 내후성을 평가할 수 있는 시험규격이 있으나 도료의 시공방법 및 시공두께 등이 내화도료와 차이가 크므로 이러한 방법을 내화도료에 적용하기에는 무리가 있다.

<표 2>는 일반도료에 적용되는 내구성 평가방법을 정리한 것이다.

3.2 국외 현황

일본에서는 1987년부터 내화도료를 건축기준법 제38조에 규정한 건설대신의 특별인정에 의해 철골구조 건축물에 적용하는 시도가 시작되었으며, 1998년 일본강구조협회의 「내화도료 유지관리 지침」이 제정되어 현재 적용되고 있다.

내화도료 유지관리 지침에 의하면 촉진내구성 시험에 합격한 내화도료 시스템에 대하여는 시공

<표 2> 일반 도료의 내구성 시험방법

구분	종류	판정기준
KS M ISO 11503		- 도료와 바니시 내습성 측정 - 40±3℃, 상대습도 98 ~ 100 %, 16시간(응축기간) 23±5℃, 상대습도 50±20 %, 8시간(건조기간)
KS M ISO 11997-1		- 도료와 바니시 순환부식조건에 대한 저항성 측정 - 염수농도 50±10 g/L, pH 5.0 ~ 8.0, 24시간, 48시간 및 7일
KS M ISO 11997-2		- 도료와 바니시 순환부식조건에 대한 저항성 측정 - NaCl 농도 0.5±0.01 g/L, (NH ₄) ₂ S ₂ O ₄ 농도 3.5± 0.01 g/L UVA 340 램프로 60℃, 4시간 광조사 및 50℃, 4시간 응축 반복 23±2℃, 염수분무 20분, 35±2℃, 건조 60분의 1 Cycle
KS M 5328		- 건축용 방화도료 건조습기 반복시험 - 20±3℃, 상대습도 90 %, 19시간, 50℃ 건조기내 5시간, 3회
KS M 5000 - 3231		- 도료의 촉진내후성 시험방법 - 온도 63±3℃, 2시간 주기로 102분 카이본 방전, 18분 조사후 물 분무, 5일 운전, 2일 정지
KS M 5000 - 3241		- 도료의 옥외폭로 내후성 시험방법 - 연평균 일조시간 2,000시간 이상, 연평균 일사량 100,000 Langley 이상
KS R 4069		- 선 샤인 카본아크식 내광성 및 내후성 시험 - 온도 63±3℃, 습도 65±10 %에서 102분 조사

후 5년간 그 적용을 인정하고 이후 5년마다 적용되는 건물과 동등 환경에 노출된 시험체의 내화시험과 건물의 외관검사를 실시하여 이상이 발견되는 경우 그에 대한 대책을 실시하도록 규정하고 있다.

영국, 독일 등 유럽에서 내화도료는 30~90분(북유럽에서는 120분까지 허용)의 내화구조의 적용재료로 인정받고 있다. 독일의 경우는 내화도료 적용시 베를린의 건축기술연구소에서 내화도료의 내화성능과 유효기간에 관한 인정시험을 실시하도록 하고 있으며, 이중 내화도료의 내구성은 내화도료에 대한 촉진내구성시험과 폭로시험을 실시하여 최소 3년에서 영구적인 내구성에 대한 인정이 이루어지고 있다.

영국에서는 내화도료의 사용조건으로 BS 476의 규정에 의한 내화시험을 요구하고 있으나 내구성과 유지관리에 관한 별도의 법적 규제는 없다. 단 시공시 신뢰성이 있는 기관에서 품질이 증명된 제품을 사용할 수 있도록 내화도료 제조업체에서는 자체적으로 CERTIFIRE의 내화인정을 취득, 유지하고 있다.

표 3~6은 일본, 독일 및 영국에서 규정하는 내화도료 촉진내구성 시험방법, 폭로시험방법 및 가

열시험 판정기준, 시험체 규격 등을 비교하여 정리한 것이다.

일본, 독일 및 영국 등의 내화도료 성능평가방법을 비교하면 독일에서는 내구성 평가를 법적으로 요구하고 있는데 반하여 영국에서는 내구성 평가를 건물 소유자가 내화도료 제조업체에 요구하고 제조업체가 스스로 내구성을 평가한다는 점에서 차이가 있으며, 내구성 평가시 촉진내구성 및 폭로시험 후의 내화시험으로 평가한다는 원칙은 일본, 독일 및 영국이 동일하지만 그 목적이 독일은 내화도료의 유효기간을 정하기 위한 것이고, 영국은 내화도료의 시공환경하에서 내화성능을 유지할 수 있는 재료와 내구성이 저하될 가능성이 있는 재료를 판단하는 기준을 제공한다는데 차이가 있다. 특히 영국의 내화도료 내구성시험은 일반적으로 사용되고 있는 뿔칠내화피복재 등과 동등 이상의 내구성을 유지한다는 것을 증명하기 위한 시험법으로 인식되고 있다.

3.3 관련 연구 현황

일본의 강구조협회에서는 내화도료의 내구성 평가방법을 제정하기 위하여 1993년 상도를 포함

〈표 3〉 옥내용 내화도료 촉진내구성 시험방법 비교

구분		종류	내화도료 시공관리 지침 (일본)	DIN 4102 (독일)	BS 8202 Part 2 (영국)
		시험방법	복합 Cycle	복합 Cycle	개별 시험
시험 항목	고습도 폭로		1 Cycle 40 °C ± 2 °C 95 % RH 48 시간	-	1 Cycle 35 °C 이상 250 시간
	동결융해		21 Cycle -20 °C ± 2 °C 4 시간 노출 20 °C ± 2 °C 4 시간 노출	21 Cycle -20 °C 4 시간 노출 20 °C 80 % RH 4 시간 노출 40 °C 50 % RH 16 시간 노출	5 Cycle -20 °C 24 시간 노출 20 °C 24 시간 노출

〈표 4〉 옥외용 내화도로 촉진내구성 시험방법 비교

구분 \ 종류		내화도로 시공관리 지침(일본)	DIN 4102 (독일)	BS 8202 Part 2 (영국)
시험방법		복합 Cycle	복합 Cycle	개별 시험
내화도로 (상도 미포함)		1 Cycle 20℃±2℃ 48 시간 수증침지	7 Cycle 40℃, 100 % RH 8시간 실온, 75 % RH, 16시간	-
내화도로 (상도 포함)	촉진 내후성	336 시간 (선 샤인 카본아크) 블랙패널 63℃ 12/60 분 발수	20 시간 (크세논 아크) 55℃ S-WOM (Xe램프)	2,000 시간 (자외선 카본아크) 20℃ 19/24 시간 발수
	동결융해	7 Cycle -20℃ ± 2℃ 15 시간 노출 20℃±2℃ 9 시간 수증침지	4 Cycle 40℃ 노출 -25℃ 노출 70℃노출	10 Cycle -20℃ 24 시간 노출 20℃ 24 시간 노출
	고습도 폭로	3 Cycle 40℃ ± 2℃ 95~100 % RH 6일 노출 40℃ ± 2℃ 55~60 % RH 1일 노출	167 시간 40℃ 100 % RH	1 Cycle 1,000 시간 35℃ 이상
	아황산 가스 폭로	1 Cycle 8시간	1 Cycle 7시간	20 Cycle 40℃±3℃ 8 시간 폭로후 16 시간 노출
	염수분무	352시간 염수농도 5 %, 35℃	7시간 25℃	2,000 시간 자연해수농도 20℃

한 내화도로 시스템에 대하여 자외선폭로, 동결융해, 고습도 폭로, 염수분무 및 내수성의 촉진내구성시험과 가열시험을 실시하였으며, 상도를 포함하지 않은 내화도로 시스템에 대하여 내수성 시험과 가열시험을 실시하였다.

또한 촉진내구성 시험 외에 폭로시험으로 내화도로 3개 System(상도 포함, 상도의 두께를 규정의 1/2로 시공, 상도 미포함)에 대한 6개월, 1년, 1.5년의 폭로시험을 실시하였다.

위와 같은 촉진내구성 시험결과 상도를 포함한 내화도로의 경우 외관 등에 균열 및 중량변화 등

은 발생하지 않았으며, 내구성 시험후 실시한 가열시험에서도 내화성 저하가 발생하지 않았다. 단 상도가 포함되지 않은 내화도로의 경우 내수성시험에서 도막내의 성분 유출 및 가열시험시 발포 이상 등 일부 성능저하 현상이 나타났다. 또한 내화도로 3개 시스템에 대한 6개월, 1년, 1.5년의 폭로시험에서는 별다른 외관상의 변화 및 내화성능의 저하가 나타나지 않았다.

프랑스에서는 내화도로의 경년변화에 대한 연구로 옥내용 내화도로에 대하여 1979~1987년까지 CTICM(Centre Technique Industriel de la

〈표 5〉 촉진내구성 시험체 사양 및 가열시험 판정기준 비교

구분		종류	내화도료 시공관리 지침(일본)	DIN 4102 (독일)	BS 8202 Part 2 (영국)
시험체			300×300×3.2t	옥내 500×500×5t 옥외 300×200×5t	H형강 152×152×500 Hp/A = 165
시험체 수량	옥내		3개	2개	2개
	옥외		3개 (상도 포함) 3개 (상도 미포함)	2개 (상도 포함) 2개 (상도 미포함)	5개
판정 기준			1) 외관 관측 균열, 부풀음, 변색 등	1) 외관 2) 강판의 온도 3) 발포시간, 종류 4) 발포층의 체적, 구조	1) 내화시간의 차 25%이내 54분후 강재평균온도 550℃이하

〈표 6〉 폭로시험 시험체 사양 및 가열시험 판정기준 비교

구분		종류	내화도료 시공관리지침	DIN 4102	BS 8202 Part 2
시험체			300×300×3.2t ~ 6t	500×500×5t	H형강 - 152×152×500 Hp/A = 165
수량	옥내		12개 (5년×4회, 1개소)	4개 (2년, 5년)	1개
	옥외		5개 (2년후×1회, 5년×4회, 1개소)	12개 (2년, 5년, 10년, 각 3개소)	1개
폭로 시험	옥내		실내보존 5년마다 4회, 1개소	실내보존 2년간 4회, 1개소	-
	옥외		실외보존 5년마다 4회, 1개소	-	-
판정 기준			1) 외관 관측 균열, 부풀음, 변색 등	1) 외관 2) 강판의 온도 3) 발포시간, 종류 4) 발포층의 체적, 구조	1) 가열시험 내화시간의 차 25%이내 54분후 강재평균온도 550℃이하

Construction Méallique)에서 폭로실험을 실시하여 내화도료의 내구성이 내화성능에 영향을 미칠만큼 저하되지 않는다는 연구결과를 발표하였다.

표 7~9는 프랑스 CTICM 및 벨기에에서 실시한 옥내용 내화도료에 대한 폭로실험의 개요 및 결과를 나타낸 것이다.

현재 유럽의 내화도료 내구성 관련 연구동향 등에서 주목할 사항은 Euro Code의 제정으로 Euro Code 제품지정에는 구조물의 내구성에 관한 조항

이 담겨지게 될 예정이나 구체적인 내용은 정해지지 않고 있다. Euro Code 도입 후에는 유럽 각국의 내구성에 대한 기준은 폐지될 예정이나 내화도료 사용에 대한 범위 및 규정 등이 유럽 각국마다 상당한 차이가 있어 조정에 상당한 기간이 필요할 것으로 생각된다.

단기적인 움직임으로 독일에서는 과거의 내구성 시험 결과로부터 내화도료 내구성 저하가 수분과 온도변화에 기인한다고 평가, 내구성시험시 고

습도 폭로와 동결융해시험을 강화하고, 크세논램프 조사시험은 삭제하는 방향으로 평가방법 개정이 진행되고 있다. 영국에서는 시험방법 및 유지관리에 대한 특별한 변경은 검토되고 있지 않으며, 단지 CERTIFIRE의 내화인정방법을 3년에 1회로 변경할 것과 평가시 BS 8202 Part 2의 규격을 도입할 것인지에 대한 검토가 진행되고 있다.

〈표 7〉 프랑스 CTICM 옥내용 내화도로 폭로시험 개요

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

〈표 8〉 프랑스 CTICM 옥내용 내화도로 폭로시험결과

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

〈표 9〉 벨기에 옥내용 내화도로 폭로시험결과

시험체	폭로기간	540℃도달 시간 (min)	
		2개월 폭로	4개월 폭로
A		27	26
B		24	24
C		41	41
D		42	45

유럽외에는 현재 미국에서 UL 및 NIST를 주축으로 폭발 및 급가열에 대한 내화피복재 및 도료

에 대한 내구성 시험방법인 UL 2431(Standard for Durability Tests for Fire Resistive Materials Applied to Structural Steel)의 제정 작업이 진행되고 있다.

4. 내화도로 내구성 실험

4.1 사용 재료 및 시험체 제작

시험대상인 내화도로는 현재 국내에서 내화구조로 인정된 내화도로 3개 제품과 무기 및 유기내화도로에 가장 일반적으로 적용되는 상도도로 3개의 조합으로 하였다.

상도도로의 경우 옥내 및 옥외용에 따라 적용두께에 차이를 두었으며, 상도도로 시공여부에 따른 내구성 및 내구성 변화에 따른 내화성능을 비교하기 위하여 각 내화도로에 대하여 상도를 시공하지 않은 경우도 시험대상에 포함하였다.

시험대상인 내화도로의 물성 등은 표 10~12와 같다.

〈표 10〉 내화도로 A 물성

항목	물성
점도 (cps)	200 이상
부착강도 (N/cm ²)	20 이상

〈표 11〉 내화도로 B 물성

항목	물성
색상	백색
비중 (25℃)	1.26±0.05
점도 (cps)	20,000~30,000
연화도 (NS)	4 이상
불휘발분 (wt %)	70±2
건조시간(분)	지속건조
	30 이하

〈표 12〉 내화도료 C 물성

항목		물성
색상		백색
비중 (25℃)		1.25±0.10
점도 (KU)		110±20
연화도 (NS)		3 이상
불휘발분 (wt %)		68 이상
건조시간 (분, 20℃)	지축건조	30 이하
	경화건조	90 이하

실험체는 내화도료 및 상도도료를 강판(St - 300 mm×300 mm×3.2 mm)에 각 도료의 제조 시방에 따라 시공하여 제작하였으며, 제작이 완료된 실험체는 옥내외 폭로실험장에서 각 경년기간동안 보관하도록 하였다.

〈표 13〉 실험체 구성

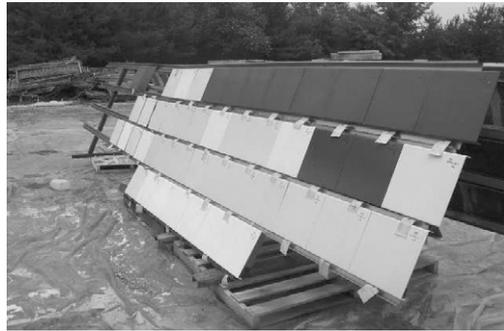
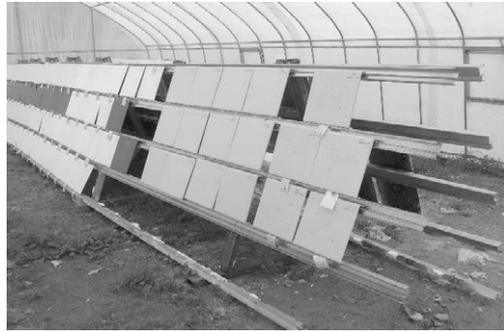
내화도료		건조두께 (mm)	상도 도료	상도 두께 (mm)	
				옥내	옥외
무기도료	A	4.00	염화고무계, 알키드계, 아크릴계	0.05	0.10
	B	0.80	염화고무계, 알키드계	0.05	0.10
유기도료	C	0.85	염화고무계, 알키드계	0.05	-
			에폭시/우레탄계	0.05/0.05	

4.2 실험 방법

4.2.1 폭로 실험

폭로실험은 실험체를 옥내 및 옥외 폭로실험장

에서 각각 6개월, 1년, 1.5년 및 2년간 폭로시키도록 하였다.



〈그림 1〉 옥내외 폭로 모습

4.2.2 내화 실험

일정기간 폭로가 진행된 실험체에 대하여 표 14의 방법에 따른 내화실험을 실시하도록 하였다.

〈표 14〉 내화실험 방법

구분	실험방법
실험 방법	- KS F 2257-1의 표준가열온도로 1~2시간 가열 - 실험중 강판 3개소의 이면상온도 평균값 측정 - 실험중 도막의 발포상태, 탈락 등 관찰 - 실험결과를 초기경년의 실험결과와 비교

4.2.3 도막 두께 및 부착강도 측정

실험체의 폭로 전후의 도막두께 및 부착강도를 〈표 15〉의 방법으로 측정하도록 하였다.

〈표 15〉 도막두께 및 부착강도 내화시험 방법

구분	실험 방법
도막두께 측정	- 내화구조 품질시험방법중 철골 보·기둥의 피복두께 판정기준(내화구조 인정 및 관리기준, 2005) 적용 - 폭로 실험전후 5개소의 측정평균값을 산정하여 비교
도막 부착강도 측정	- KS M ISO 4624 적용 - 폭로 실험전후 3개소의 측정평균값을 산정하여 비교

5. 실험 결과

5.1 도막 두께

실험체의 두께 측정 결과는 〈표 16〉과 같다.

초기경년에 대한 실험체의 두께는 내화도료의 시공기준에 따라 무기도료는 4.0~4.1mm, 유기도

〈표 16〉 도막두께 측정결과

		실험체	측정 결과(mm)		
무기 도료	A	옥내용	상도 미시공	4.7	
			염화고무계, 알키드계	4.4	
		아크릴계	4.3		
		옥외용	상도 미시공	4.8	
	염화고무계		4.7		
	알키드계		4.3		
	아크릴계		4.5		
	유기 도료	B	옥내용	상도 미시공	0.8
염화고무계, 알키드계				0.9	
에폭시/우레탄계			1.0		
옥외용			상도 미시공	0.8	
		염화고무계, 알키드계, 에폭시/우레탄계	1.0		
		C	옥내용	상도 미시공	0.8
			염화고무계, 알키드계, 에폭시/우레탄계	1.0	

료는 0.8~0.95mm 정도를 예상하였으나 도료의 시공 특성상 일정한 두께를 확보하기가 곤란하여 시공후의 측정결과는 무기도료 옥내용은 4.3~4.7mm, 옥외용은 4.3~4.8mm의 범위로 나타났으며, 유기도료 옥내용은 0.8~1.0mm, 옥외용은 0.9~1.0mm의 범위로 나타났다.

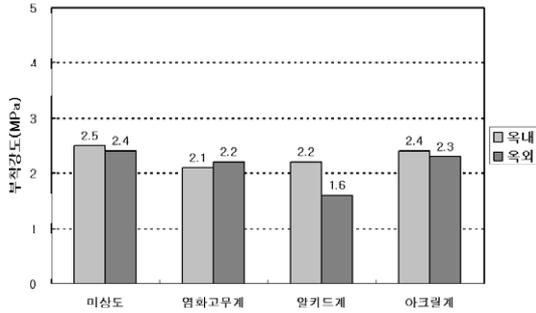
5.2 부착강도

초기경년에 대한 실험체의 부착강도 측정 결과는 〈표 17〉 및 [그림 2]와 같다.

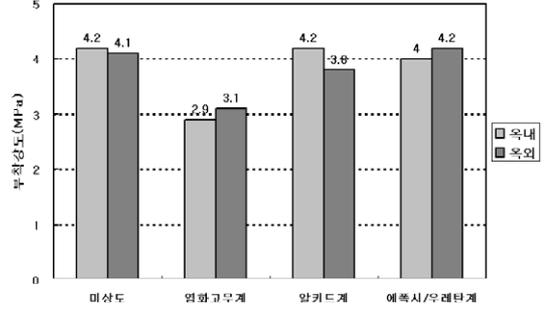
부착강도 측정결과 무기도료 A는 1.6~2.5Mpa, 유기도료 B는 3.1~4.2Mpa, 유기도료 C는 1.5~2.4Mpa의 범위로 나타나 유기도료 B의 부착강도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 각 도료별로 옥내용과 옥외용의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

〈표 17〉 부착강도 측정결과

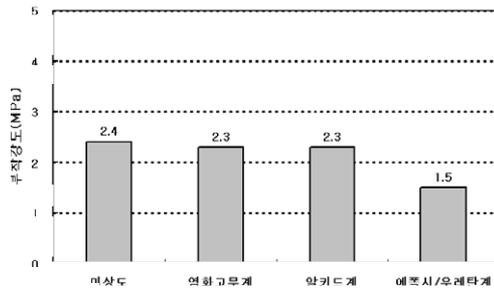
		실험체	측정 결과(mm)	
무기 도료	A	옥내용	상도 미시공	2.5
			염화고무계	2.1
		알키드계	2.2	
		아크릴계	2.4	
	옥외용	상도 미시공	2.4	
		염화고무계	2.2	
		알키드계	1.6	
		아크릴계	2.3	
유기 도료	B	옥내용	상도 미시공	4.2
			염화고무계	2.9
		알키드계	4.2	
		에폭시/우레탄계	4.0	
		옥외용	상도 미시공	4.1
			염화고무계	3.1
	알키드계		3.8	
	에폭시/우레탄계		4.2	
	C	옥내용	상도 미시공	2.4
			염화고무계, 알키드계	2.3
			에폭시/우레탄계	1.5



(내화도료 A)



(내화도료 B)



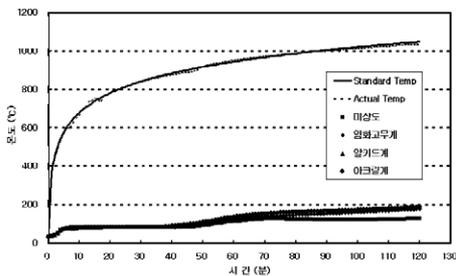
(내화도료 C)

(그림 2) 부착강도 측정결과

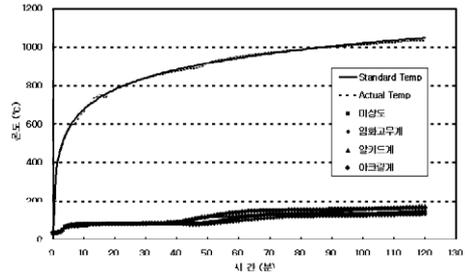
5.3 내화 실험

초기경년 실험체에 대한 내화실험 결과는 표 18 ~20 및 그림 3~5와 같다.

실험체에 대한 가열실험 결과 무기도료 A의 이면온도 및 온도상승률이 유기도료에 비하여 낮게 나타났으며, 유기도료 B와 C에서는 C의 이면온도가 B에 비하여 약 150~200℃ 정도 높게 나타났다. 또한 실험시 상도도료에 따른 이면온도는 내



(옥내용)



(옥외용)

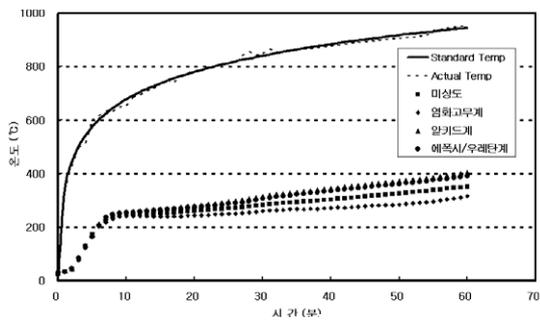
(그림 3) 내화도료 A 이면상승온도곡선

〈표 18〉 내화도로 A 내화실험 결과

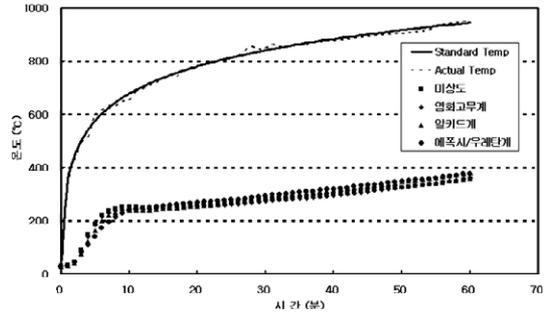
시간 (분)	옥내용				옥외용			
	미상도	염화고무계	알키드계	아크릴계	미상도	염화고무계	알키드계	아크릴계
10	81	81	81	81	81	80	83	72
20	82	83	83	82	83	82	85	82
30	83	84	84	84	84	83	87	86
40	85	83	85	88	84	85	92	91
50	91	105	103	108	88	82	124	120
60	113	130	126	136	114	99	129	143
70	126	139	142	152	130	114	134	152
80	124	146	153	161	130	121	143	155
90	121	152	162	168	131	123	153	157
100	121	160	172	174	133	125	161	159
110	123	168	182	180	138	128	169	162
120	127	176	191	187	144	133	177	166

〈표 19〉 내화도로 B 내화실험 결과

시간 (분)	옥내용				옥외용			
	미상도	염화고무계	알키드계	에폭시/우레탄계	미상도	염화고무계	알키드계	에폭시/우레탄계
10	247	242	258	254	251	243	240	238
20	261	244	281	275	260	255	255	269
30	283	260	316	306	282	273	286	294
40	303	272	346	336	302	295	316	320
50	326	284	372	361	326	326	346	348
60	352	316	405	391	355	361	380	377



(옥내용)



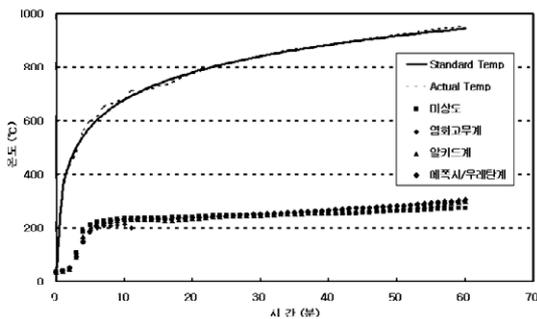
(옥외용)

〈그림 4〉 내화도로 B 이면상승온도곡선

화도료별로 측정값의 차이가 크지 않은 것으로 나타나 초기경년에서는 상도도료에 따른 내화성능에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 단 상도를 시공하지 않은 실험체의 이면온도가 상도를 시공한 경우에 비하여 무기도료는 평균 40℃, 유기도료 B와 C는 각각 평균 16℃와 300℃가 낮게 측정되어 내화도료에 시공된 상도도료가 이면온도상승에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

〈표 20〉 내화도료 C 내화실험 결과

시간 (분)	미상도	염화고무계	알키드계	에폭시/우레탄계
10	234	282	246	236
20	242	339	319	315
30	248	408	378	364
40	252	491	448	425
50	262	583	526	494
60	275	675	611	569



〈그림 5〉 내화도료 C 이면상승온도곡선

6. 결 론

(1) 내화도료별 부착강도는 유기도료 B의 부착강도가 가장 큰 것으로 나타났으며, 각 도료별로 옥내용과 옥외용의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

(2) 실험체에 대한 가열실험 결과 무기도료의 이면온도 및 온도상승률이 유기도료에 비하여 낮게 나타나 초기경년에서는 무기도료가 유기도료에 비하여 내화성능이 우수하다고 판단된다.

(3) 실험결과 초기경년에서는 내화도료에서 상도도료에 따른 내화성능의 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 단 상도를 시공하지 않은 실험체의 이면온도가 상도를 시공한 경우에 비하여 최소 16℃, 최대 300℃가 낮게 측정되어 시공된 상도도료가 이면온도상승에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

(4) 본 연구는 총 2년의 폭로기간중 기간별로 예정된 5회의 실험계획중에서 시공후 초기의 실험결과를 얻기 위한 것으로 추후 연구에서 시간경과에 따른 내화도료 시스템의 내화 및 내구성에 대한 분석이 이루어질 예정이다. **FILK**

