

경년변화에 따른 내화도료의 내구성에 관한 실험적 연구 (I)

최동호, 김대희*, 성시창*, 이유식*, 이종찬**, 이세현**

*방재시험연구원, **한국건설기술연구원

An Experimental Study on the Durability of Intumescent Coating System with Time Elapse (I)

Choi Dongho, Kim Daehoi*, Sung Sichang*, Lee Yusik*, Lee Jongchan**,
Lee Seahyun**

*Fire Insurers Laboratories of Korea, **Korea Institute of Construction Technology

1. 서 론

현재 국내에서는 철골건축물에 적용되는 부위별로 다양한 내화구조 시스템이 사용되고 있으며, 폐기물 및 공해의 위험이 적은 내화도료의 수요가 점차 늘어나고 있다. 그러나 내화도료는 재료의 화학적 성분, 배합 및 시공방법 등에 따라 성능에 차이를 나타내며, 외부 환경 등에 따라 내구성이 변화되어 요구되는 내화성능이 저하될 우려가 있다. 따라서 이를 방지하기 위해서는 시공시 품질확보와 더불어 내구성을 확보하기 위한 적절한 시험·평가방법에 대한 연구가 필요하다.

이에 따라 본 연구는 국내 내화도료 시스템을 대상으로 2년 동안 폭로 실험 및 폭로후의 내화성능 및 내구성 실험을 실시하고 그 결과를 근거로 국내 실정에 적합한 내화도료의 내구성 목표수준 및 적절한 평가방법을 수립하고자 하며, 이를 위하여 실험체 제작 초기 및 제작후 6개월 경과시를 대상으로한 내화도료의 성능실험을 실시하여 전체 연구에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1. 개요

실험대상인 내화도료는 국내에서 내화구조로 인정된 내화도료 3개 제품과 상도도료 4개의 조합으로 하였으며, 연구의 실험 인자 및 수준은 Table 1과 같다.

Table 1. 실험인자 및 수준

요인	실험 대상			경년
	내화도료	상도도료	적용위치	
인자	무기 A 유기 B·C	상도 미시공, 열화고무계, 아크릴계 알키드계, 에폭시/우레탄계	옥내, 옥외	제작초기, 6개월 1년, 1.5년, 2년
수준	3	5	2	5

실험방법은 총 2년의 실험기간중 옥내·외 폭로를 실시하고 Table 1의 경년 도달시 폭로시킨 실험체에 대한 도막두께, 부착강도 측정과 내화실험을 실시하는 것으로 하였다.

2.2. 실험체 제작

실험체는 내화도료 및 상도도료를 미리 방청도료가 시공된 강판(St - 300 mm × 300 mm × 3.2 mm)에 각 도료의 제조 시방에 따라 Table 2의 도막두께로 뿔칠하여 제작하였다.

Table 2. 실험체 구성

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

2.3. 실험 방법

(1) 폭로 실험

폭로 실험은 실험체를 옥내 및 옥외 폭로실험장에서 6개월, 1년, 1.5년 및 2년간 폭로시키도록 하였으며, 폭로 조건은 KS M 3241에 따른 옥외 폭로 조건 및 실온의 실내 조건으로 정하였다.

(2) 도막 두께 및 부착강도 측정

각 경년 실험체의 도막두께 및 부착강도를 철골 보·기둥의 피복두께 판정기준(내화구조 인정 및 관리기준, 2005) 및 KS M ISO 4624의 방법에 따라 측정하였다.

(3) 내화 실험

각 경년 도달시 KS F 2257-1의 표준가열온도곡선에 따라 무기도료 2시간, 유기도료 1시간 가열에 의한 내화실험을 실시하여 강판의 이면상승온도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 도막 두께

제작 초기 및 6개월 경과시 실험체의 도막 두께 측정 결과는 Fig 1~3과 같다.

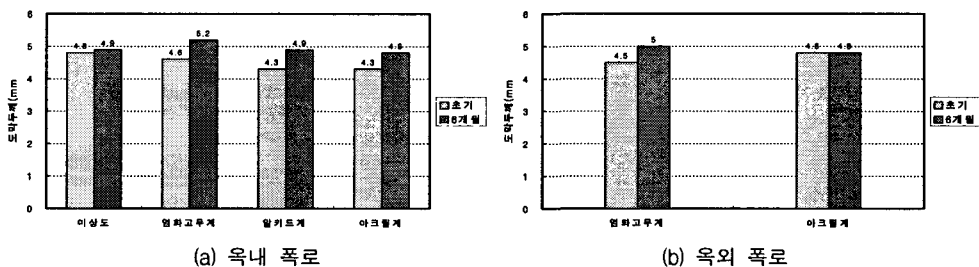


Fig 1. 무기도료 A 도막두께 측정 결과

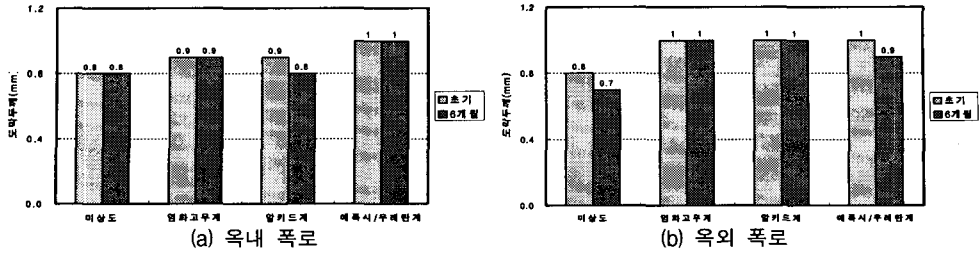


Fig 2. 유기도료 B 도막두께 측정 결과

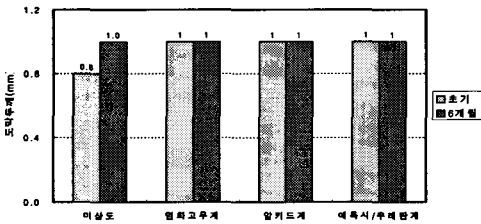


Fig 3. 유기도료 C 도막두께 측정 결과

실험체 제작 후 6개월 경년까지의 도막두께 측정결과 무기도료의 경우 옥외 폭로시킨 상도 미시공과 알키드계 상도 시공 실험체에서는 시공도료의 대부분이 탈락하여 두께 측정이 불가하였으며, 그 외 실험체에서도 시험체 표면의 균열 등에 의하여 일관적인 두께측정이 곤란하였다. 옥내 폭로의 경우는 초기 실험체에 비해 도막두께가 2~10%정도 증가한 측정값이 나타났

는데, 이는 시간경과에 따른 도막의 팽창 혹은 강판과의 들뜸현상 때문으로 판단된다.

유기도료의 경우에는 무기도료와는 달리 초기 실험체와 6개월 경과시 실험체의 도막 두께가 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

3.2. 부착 강도

제작 초기 및 6개월 경과시 실험체의 부착강도 측정 결과는 Fig 4~6과 같다.

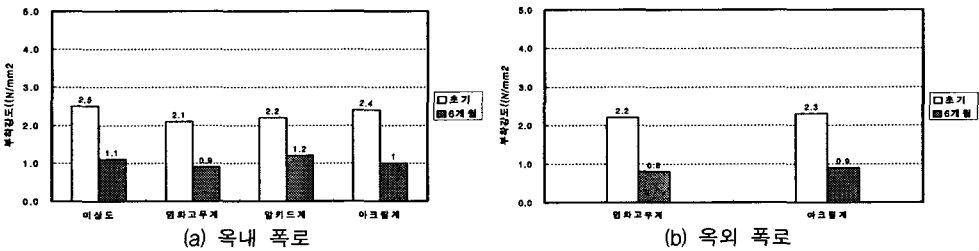


Fig 4. 무기도료 A 부착강도 측정 결과

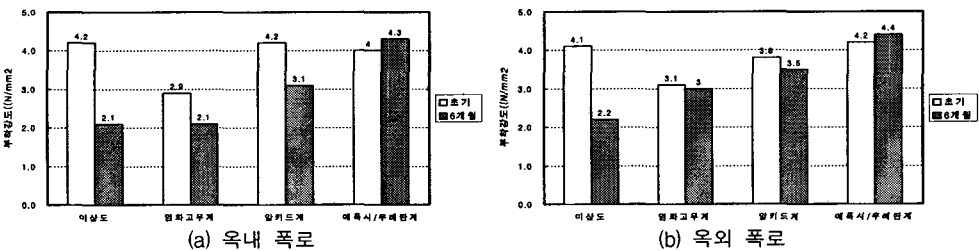


Fig 5. 유기도료 B 부착강도 측정 결과

실험체 제작 후 6개월 경년까지의 부착강도 측정결과 무기도료의 경우 옥내 폭로시

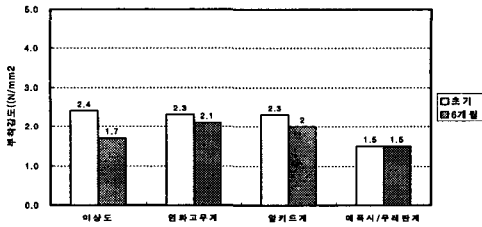


Fig 6. 유기도료 C 부착강도 측정 결과

실험체에서 부착강도가 50% 이하한 것을 제외하면, 7~15% 범위의 부착강도 저하율을 나타냈으며, 그중 유기도료 B가 C에 비하여 8% 정도 큰 부착강도 저하율을 나타냈다.

54%, 옥외 폭로시 62%의 부착강도 저하율을 나타냈으며, 옥외 폭로의 경우가 8% 정도 큰 저하율을 나타냈다. 특히 옥외 폭로시킨 상도 미시공과 알키드계 상도 실험체의 경우 6개월 경과시 측정이 불가능한 정도로 도료가 탈락되었다.

유기도료의 경우는 도료 및 상도 종류, 폭로 조건에 관계없이 상도 미시공

3.3. 내화 성능

(1) 무기도료

Fig 7, 8은 제작 초기 및 6개월 경과시 무기도료 실험체에 대한 내화실험 결과를 나타낸 것이다.

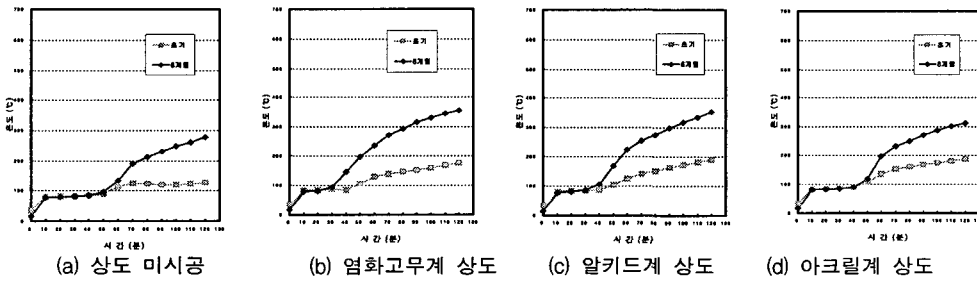


Fig 7. 무기도료 A (옥내 폭로) 이면상승온도

제작 초기 실험체에 대한 내화실험 결과 알키드계 상도 시공 실험체의 이면상승온도가 기타 실험체에 비하여 30~60°C 높게 나타났으며, 상도 미시공의 경우가 상도 시공시에 비하여 이면상승온도가 40°C 정도 낮은 것으로 나타났다.

6개월 폭로후 내화실험결과는 옥내 폭로시 125~180°C의 이면상승온도 증가가 나타났으며, 특히 염화고무계 상도를 시공한 시험체의 이면상승온도가 180°C 증가한 것으로 나타나 기타 실험체에 비하여 온도증가가 큰 것으로 나타났다.

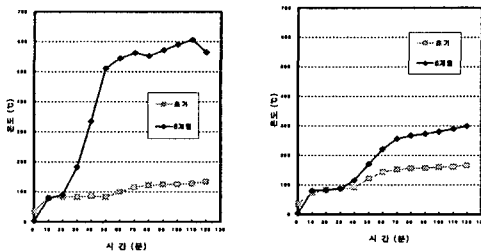


Fig 8. 무기도료 A (옥외 폭로) 상승온도

옥외 폭로의 경우 도막두께 및 부착강도 측정시와 마찬가지로 상도 미시공 및 알키드계 상도가 시공된 실험체는 시공도료의 대부분이 탈락하여 측정 가능한 염화고무계 및 아크릴계 상도 시공 실험체를 대상으로 내화실험을 실시하였으며, 실험결과 제작 초기와 비교하여 염화고무계 상도 시공 실험체에서 430°C, 아크릴계 상도 시공실험체에서 130°C의 이면상승온도 증가가 나타났다.

(2) 유기도료

Fig 9~11은 제작 초기 및 6개월 경과시 유기도료 실험체에 대한 내화실험 결과를 나타낸 것이다.

실험체 제작후 6개월 폭로후의 내화실험결과는 옥내 폭로의 경우 제작 초기에 비하여 10~90℃의 이면상승온도 증가가 나타났다. 특히 유기도료 B에 염화고무계 상도를 시공한 경우는 제작 초기보다 90℃의 이면상승온도 증가를 나타냈으며, 유기도료 C의 경우는 상도 미시공 실험체에서 다른 실험체보다 30℃ 높은 이면상승온도를 나타냈다.

옥외 폭로의 경우에는 상도를 미시공을 제외하고는 평균 5℃ 정도 이면상승온도가 변화한 것으로 나타나 옥내 폭로의 경우와 비교하여 이면온도 변화에 차이가 없는 것으로 나타났다. 단 염화도료 B에 상도를 미시공한 경우는 이면상승온도가 200℃ 증가한 것으로 나타나 기타 실험체에 비하여 옥외 폭로시 이면온도의 상승이 큰 것으로 나타났다.

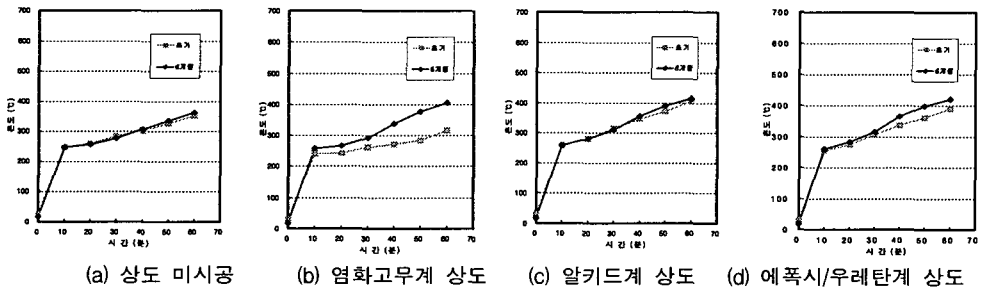


Fig 9. 유기도료 B (옥내 폭로) 이면상승온도

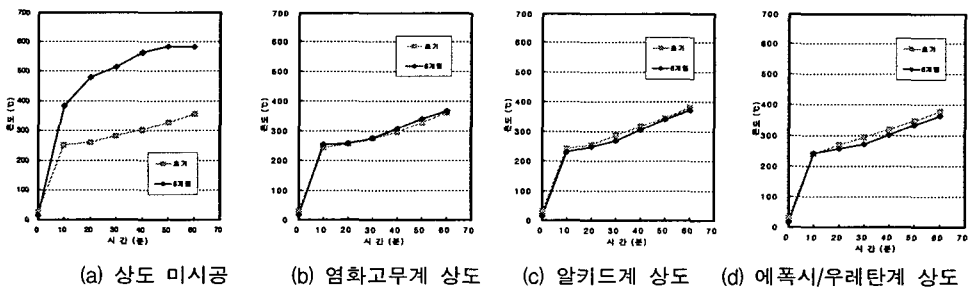


Fig 10. 유기도료 B (옥외 폭로) 이면상승온도

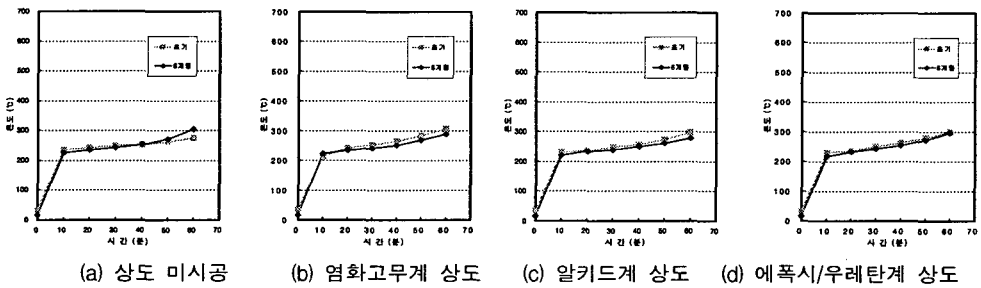


Fig 11. 유기도료 C (옥내 폭로) 이면상승온도

(3) 종합

실험체 제작 초기 및 6개월간의 옥내·외 폭로후 실시한 내화실험결과 무기도료의 경우 상도 시공 및 종류에 관계없이 이면상승온도가 옥내 폭로시에는 125~180℃, 옥외 폭로시에는 130~430℃ 증가한 것으로 나타났다. 특히 옥외 폭로의 경우 실험이 가능한 실험체를 대상으로 실시한 결과임을 감안할 때 무기도료의 경우 제작 후 6개월 경과시 내화성능이 제작 초기에 비하여 저하되는 것으로 판단된다.

무기도료에 비하여 유기도료는 유기도료 B에 염화고무계 상도를 시공한 경우를 제외하고는 도료 종류, 상도 시공 여부 및 폭로조건에 관계없이 제작 초기와 비교하여 내화 성능에 큰 변화가 없는 것으로 판단된다.

4. 결론

(1) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 도막두께 측정 결과를 비교할때 무기도료를 옥외 폭로시킨 경우 대부분 두께 측정이 불가능하였으며, 옥내 폭로의 경우에는 제작 초기에 비하여 도료의 팽창 및 강판과의 들뜸현상에 의하여 도막두께가 2~10%정도 증가한 것으로 나타났다.

유기도료는 초기 실험체와 비교시 도막두께의 변화가 미미한 것으로 나타났다.

(2) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 부착강도 측정 결과를 비교할때 무기도료의 경우 58~100%의 부착강도 저하율을 나타내 내구성이 크게 저하한 것으로 나타났다.

유기도료의 경우는 유기도료 B의 상도 미시공 실험체를 제외하면 평균 7~15%의 저하율을 나타내어 무기도료에 비하여 내구성의 변화는 미미한 것으로 나타났다.

(3) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 내화실험결과를 비교할 때 무기도료의 경우 상도 시공 여부에 관계없이 최소 125℃, 옥외 폭로의 경우는 최대 430℃까지 이면상승온도가 증가하여 제작초기에 비하여 내화성능이 저하하는 것으로 나타났다.

유기도료의 경우는 유기도료 B에 염화고무계 상도를 시공한 경우와 옥외 폭로시의 상도 미시공 실험체를 제외하면 이면상승온도의 변화가 미미한 것으로 나타났다.

(4) 본 연구는 총 2년의 실험기간중 기간별로 예정된 제작초기, 6개월, 1년, 1.5년, 2년중 제작 초기 및 6개월 경과시의 실험결과를 분석한 것으로 추후 실험에서 1년 이상의 시간경과에 따른 내화도로 시스템의 내구성에 대한 추가분석이 이루어질 예정이다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 최동호, 서치호, 장기 경년변화에 따른 뿔칠내화피복재의 내화성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 20권, 10호, 2004
2. 이종찬, 이세현외, 석고 및 질석계 내화뿔칠재의 온·습도조건에 따른 내화성능, 대한건축학회 논문집 구조계, 22권, 8호, 2006
3. 鋼構造耐火設計基準案, (社)日本建築學會 耐火構造小委員會, 1987
4. 鋼構造耐火設計指針, (社)日本建築學會, 1999
5. 耐火塗料の實用化評に關する調査研究, (社)日本鋼構造協會, 1998

6. 鐵骨造建築の耐久性設計ガイドブック, (社)日本鋼構造協會, 1998
7. 建築物・部材齊・材料の耐久設計手法・同務解説, 日本建築學會, 2003.
8. Y. Sakumoto, Durability evaluation of intumescent coating for steel frames, *Journal of materials in civil engineering*, 2001
9. BS 8202-1, Coating for fire protection of building elements-Part 1:Code of practice for selection and installation of sprayed mineral coatings, 1995