

# 내화도료의 내구성에 관한 실험적 연구 (II)

건축구조부 선임연구원 / 공학박사 최 동 호

## 1. 서 론

본고는 국내 실정에 적합한 내화도료의 내구성 목표수준 및 적정 평가방법을 수립하기 위해 2005년 6월부터 수행하고 있는 연구과제로써, 현재 국내에서 내화구조로 인정된 내화도료 시스템을 대상으로 옥내·외 폭로실험과 폭로 후의 도막두께·부착강도 측정, 내화실험 결과 중 실험체 제작 초기 및 제작 후 6개월 경과 시의 내화도료 성능실험 결과를 비교분석한 것이다.

(연구 목적, 내화도료에 대한 일반 사항 및 제작 초기 실험체에 대한 실험결과 등은 방재기술 41호 2006. 11에 게재되어 있음)

## 2. 실험

### 2.1 개요

실험대상인 내화도료는 국내에서 내화구조로 인정된 내화도료 3개 제품과 일반적으로 적용되는 상도도료 4개의 조합으로 하였으며, 상도 시공에 따른 성능비교를 위하여 상도를 시공하지 않은 경우도 실험 대상에 포함하였다.

연구의 실험 인자 및 수준은 표 1과 같다.

(표 1) 실험 인자 및 수준

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

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

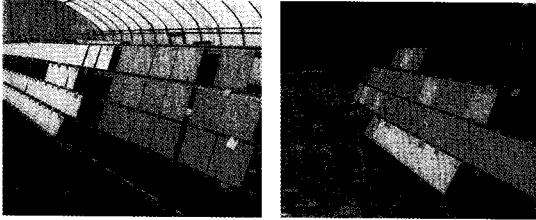
### 2.2 실험 방법

#### (1) 폭로 실험

폭로 실험은 실험체를 옥내 및 옥외 폭로실험장에서 6개월, 1년, 1.5년 및 2년간 폭로시키도록 하였다.

폭로 조건은 KS M 3241(도료의 옥외 폭로 내후성

시험 방법, 2003)에 따른 옥외 폭로 조건 및 직사광선 및 우수가 차단되는 실온의 실내 조건으로 정하였다.



(a) 옥내 폭로 (b) 옥외 폭로

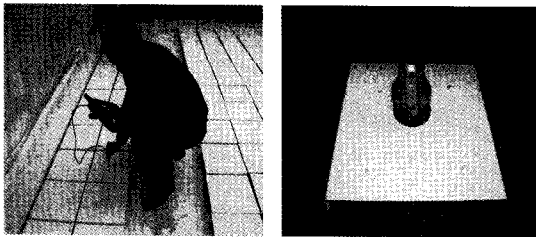
[그림 1] 폭로 시험

(2) 도막 두께 및 부착강도 측정

각 경년 도달시 시험체의 도막두께 및 부착강도를 표 2의 방법에 따라 측정하였다.

〈표 2〉 도막 두께 및 부착강도 측정 방법

구분	실험방법
도막두께 측정	- 칩골 보·기둥의 피복두께 판정기준(내화구조 인정 및 관리기준, 2005) 적용 - 폭로 시험 전·후 5개소 측정평균 산정
도막 부착강도 측정	- KS M ISO 4624 적용 - 폭로 시험전후 3개소 측정평균 산정



(a) 도막 두께 측정 (b) 부착강도 측정

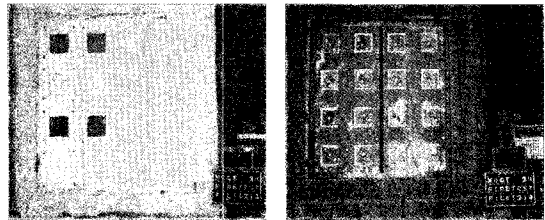
[그림 2] 도막 두께 및 부착강도 측정 모습

(3) 내화 시험

각 경년 도달시 표 3의 방법에 따른 내화시험을 실시하였다.

〈표 3〉 내화 시험 방법

구분	실험방법
실험방법	- KS F 2257-1의 표준가열온도곡선에 따라 무기도료는 2시간, 유기도료는 1시간 가열 - 시험중 강관 3개소의 이면상승온도 평균값 측정 - 시험중 도막의 발포상태, 탈락 등 관찰 - 시험결과를 초기경년의 시험결과와 비교



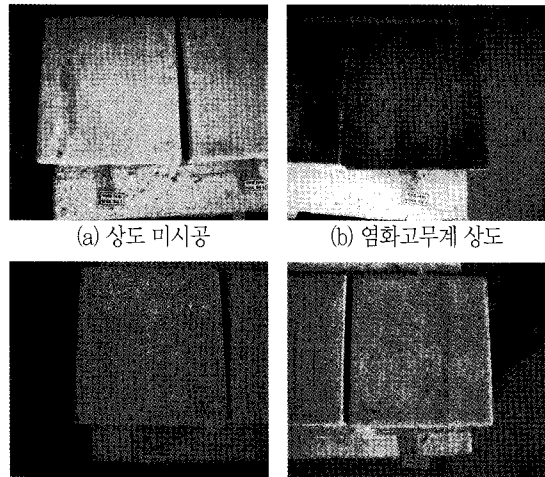
(a) 시험체 가열면 (b) 시험체 이면

[그림 3] 내화 시험

3. 실험결과 및 분석

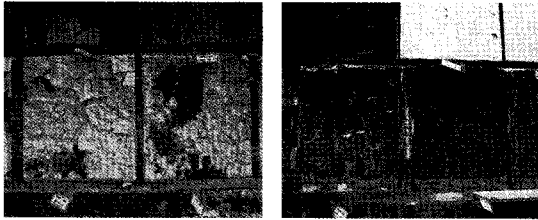
3.1 폭로 시험

그림 4, 5는 시험체 제작후 6개월 경과시까지 옥내·외에서 폭로시킨 무기도료 A 시험체의 상태를 나타낸 것이다.

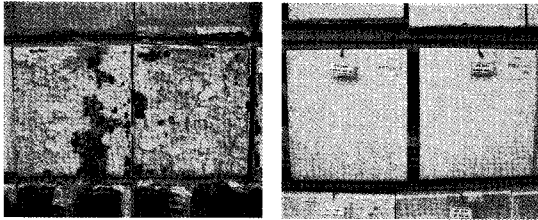


(a) 상도 미시공 (b) 염화고무계 상도 (c) 알키드계 상도 (d) 아크릴계 상도

[그림 4] 무기도료 A (옥내 폭로)



(a) 상도 미시공 (b) 염화고무계 상도



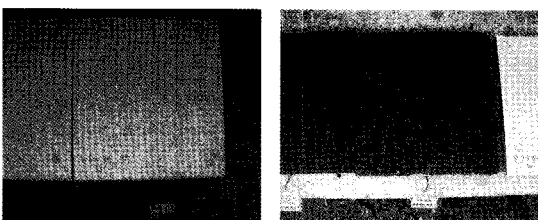
(c) 알키드계 상도 (d) 아크릴계 상도

[그림 5] 무기도료 A (옥외 폭로)

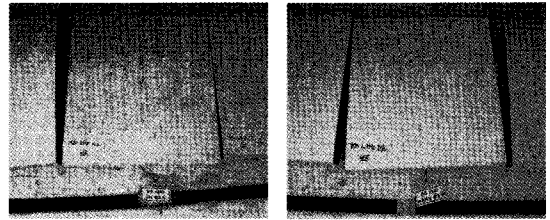
실험결과 무기도료의 경우 옥외 폭로의 경우 대부분의 실험체에서 표면의 균열 및 시공 도료의 박리·탈락 현상이 나타났다. 이중 상도 미시공 및 알키드계 상도 시공 실험체에서는 시공도료의 대부분이 탈락하였으며, 염화고무계 상도 시공 실험체에서도 균열 및 탈락현상이 발생하였다. 특히 알키드계 상도 시공의 경우 옥내 폭로에서도 표면박리가 나타났는데, 이는 알키드계 상도가 무기 내화도료의 건조를 막아 실험체 표면의 습도가 높아져 박리를 진행시킨 때문으로 사료된다.

옥내 폭로의 경우에는 알키드계 상도가 시공된 실험체를 제외하고는 제작 초기와 비교하여 균열 및 박리 등의 현상이 발생하지 않았다.

그림 6~8은 실험체 제작후 6개월 경과시까지 옥내·외에서 폭로시킨 유기도료 A, B 실험체의 상태를 나타낸 것이다.

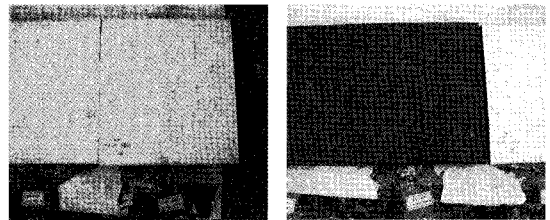


(a) 상도 미시공 (b) 염화고무계 상도

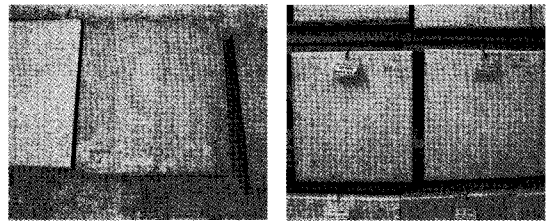


(c) 알키드계 상도 (d) 에폭시/우레탄계 상도

[그림 6] 유기도료 B (옥내 폭로)

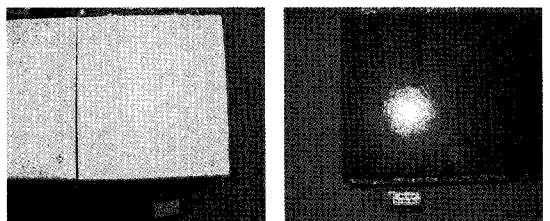


(a) 상도 미시공 (b) 염화고무계 상도

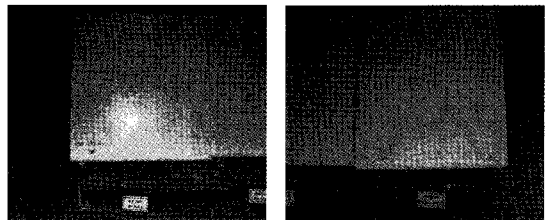


(c) 알키드계 상도 (d) 에폭시/우레탄계 상도

[그림 7] 유기도료 B (옥외 폭로)



(a) 상도 미시공 (b) 염화고무계 상도



(c) 알키드계 상도 (d) 에폭시/우레탄계 상도

[그림 8] 유기도료 C (옥내 폭로)

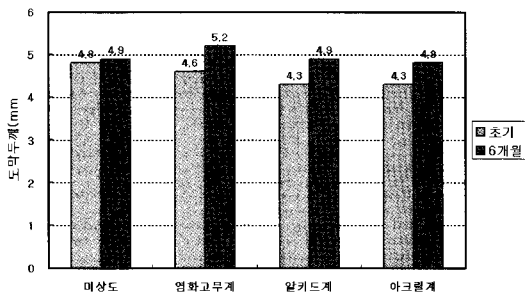
실험결과 유기도료의 경우는 옥외 폭로시킨 상도 미시공 실험체에서만 표면에 전체적으로 도막의 주름현상이 발생하였으며, 기타 실험체에서는 무기도료에서와는 달리상도 시공 여부 및 폭로 조건에 관계 없이 제작 초기와 비교하여 실험체에 별다른 현상이 발생하지 않았다.

### 3.2 도막 두께

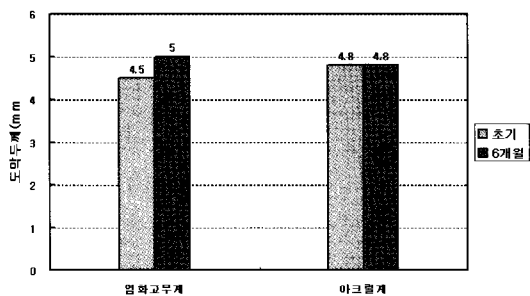
제작 초기 및 6개월 경과시 실험체의 도막 두께 측정 결과는 표 4 및 그림 9~11과 같다.

〈표 4〉 도막 두께 측정 결과

실험체			측정 결과 (mm)		
			초기	6개월	
무기도료	A	옥내용	상도 미시공	4.8	4.9
			염화고무계	4.6	5.2
			알키드계	4.3	4.9
			아크릴계	4.3	4.8
	B	옥외용	상도 미시공	4.8	-
			염화고무계	4.5	5.0
			알키드계	4.3	-
			아크릴계	4.8	4.8
유기도료	B	옥내용	상도 미시공	0.8	0.8
			염화고무계	0.9	0.9
			알키드계	0.9	0.8
		옥외용	에폭시/우레탄계	1.0	1.0
			상도 미시공	0.8	0.7
			염화고무계	1.0	1.0
	C	옥내용	알키드계	1.0	1.0
			에폭시/우레탄계	1.0	0.9
			상도 미시공	0.8	1.0
			염화고무계	1.0	1.0
			알키드계	1.0	1.0
			에폭시/우레탄계	1.0	1.0

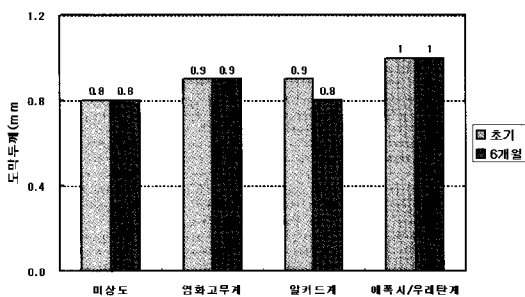


(a) 옥내 폭로

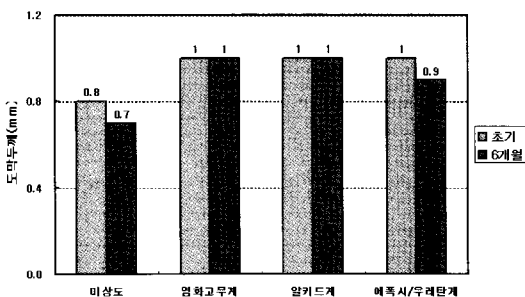


(b) 옥외 폭로

[그림 9] 무기도료 A 도막두께 측정 결과

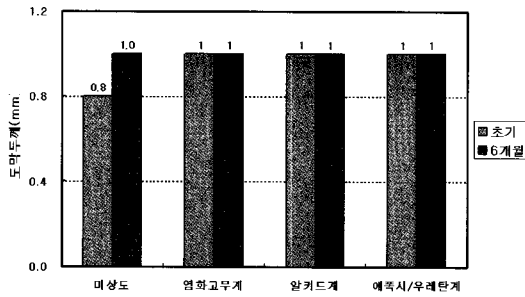


(a) 옥내 폭로



(b) 옥외 폭로

[그림 10] 유기도료 B 도막두께 측정 결과



[그림 11] 유기도료 C 도막두께 측정 결과

제작 초기 실험체의 도막두께는 각 내화도료의 시공기준에 따라 무기도료는 4.0~4.1 mm, 유기도료는 0.8~0.95 mm 정도를 예상하였으나 도료의 시공 특성상 일정 두께의 확보가 곤란하여 무기도료는 4.3~4.8 mm, 유기도료는 0.8~1.0 mm의 범위로 나타났으며, 제작후 6개월 경과시 실험체의 도막두께는 무기도료는 4.8~5.2 mm, 유기도료는 0.7~1.0 mm의 범위로 나타났다.

실험체 제작 후 6개월 경년까지의 도막두께 측정 결과 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 두께 측정이 곤란하였다. 옥내 폭로의 경우에는 초기 실험체에 비하여 도막두께가 2~10%정도 증가한 측정값이 나타났는데, 이는 시간경과에 따른 도막의 팽창 혹은 강판과의 들뜸현상 때문으로 판단된다.

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

### 3.3 부착강도

제작 초기 및 6개월 경과시 실험체의 부착강도 측정 결과는 표 5 및 그림 12~14와 같다.

제작 초기 실험체의 부착강도 측정결과 무기도료 A는 1.6~2.5 N/mm<sup>2</sup>, 유기도료 B는 3.1~4.2 N/mm<sup>2</sup>, 유기도료 C는 1.5~2.4 N/mm<sup>2</sup>의 범위로 나타났으며, 유

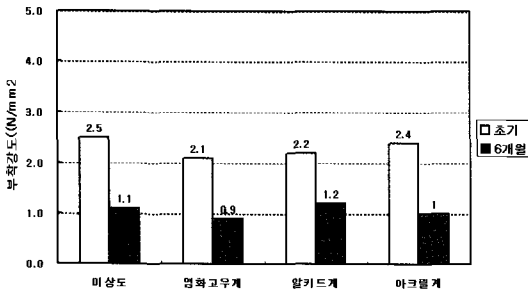
〈표 5〉 부착강도 측정 결과

실험체			부착강도 (N/mm <sup>2</sup> )		
			초기	6개월	
무기도료	A	옥내용	상도 미시공	2.5	1.1
		염화고무계	2.1	0.9	
		알키드계	2.2	1.0	
		2아크릴계	2.4	1.0	
	옥외용	상도 미시공	2.4	-	
		염화고무계	2.2	0.8	
유기도료	B	옥내용	상도 미시공	4.2	2.1
			염화고무계	2.9	2.1
			알키드계	4.2	3.1
			에폭시/우레탄계	4.0	4.3
		옥외용	상도 미시공	4.1	2.2
			염화고무계	3.1	3.0
	C	옥내용	알키드계	3.8	3.5
			에폭시/우레탄계	4.2	4.4
			상도 미시공	2.4	1.7
			염화고무계	2.3	2.1
		옥외용	알키드계	2.3	2.0
			에폭시/우레탄계	1.5	1.5

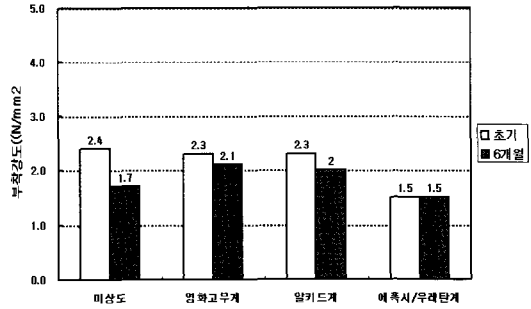
기도료 B의 부착강도가 기타 실험체에 비하여 약 80% 크게 나타났다.

제작후 6개월 경과시 실험체의 부착강도는 무기도료 A는 0.8~1.2 N/mm<sup>2</sup>, 유기도료 B는 2.1~4.4 N/mm<sup>2</sup>, 유기도료 C는 1.5~2.1 N/mm<sup>2</sup>의 범위로 나타났다.

실험체 제작 후 6개월 경년까지의 부착강도 측정 결과 무기도료의 경우 옥내 폭로시 54%, 옥외 폭로시 62%의 부착강도 저하율을 나타냈으며, 옥외 폭로의 경우가 옥내 폭로에 비하여 8% 정도 큰 저하율을 나타냈다. 특히 옥외 폭로시킨 상도 미시공과 알키드계 상도 실험체의 경우 6개월 경과시 측정이 불가능한 정도로 도료가 탈락된 것으로 나타났다.



(a) 옥내 폭로



[그림 14] 유기도료 C 부착강도 측정 결과

유기도료의 경우는 도료 및 상도 종류, 폭로 조건에 관계없이 상도 미시공 실험체에서 부착강도가 50% 이하한 것을 제외하면, 7~15% 범위의 부착강도 저하율을 나타냈으며, 그중 유기도료 B가 C에 비하여 8% 정도 큰 부착강도 저하율을 나타냈다.

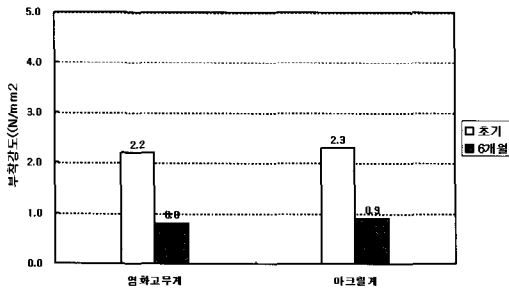
실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 부착강도 측정결과를 비교할 때 모든 실험체에서 제작 초기에 비하여 부착강도의 저하가 발생한 것으로 나타났다. 이러한 부착강도의 저하는 도막두께의 증가와 연관되어 실험체의 내구성에 영향을 미칠 수 있다고 판단된다. 향후 시간경과에 따른 추가적인 도막 두께와 부착강도 변화에 대한 실험을 진행하여 추가 분석을 실시할 예정이다.

### 3.4 내화성능

표 6, 7 및 그림 15, 16은 제작 초기 및 6개월 경과 시 무기도료 실험체에 대한 내화실험 결과를 나타낸 것이다.

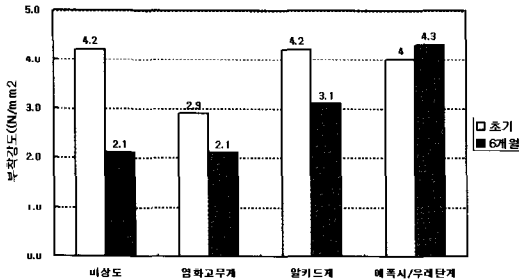
제작 초기 실험체에 대한 내화실험 결과 알키드계 상도 시공 실험체의 이면상승온도가 기타 실험체에 비하여 30~60℃ 높게 나타났으며, 상도 미시공의 경우가 상도 시공시에 비하여 이면상승온도가 40℃ 정도 낮은 것으로 나타났다.

6개월 폭로후 내화실험결과와 옥내 폭로시 초기 실험체에 비하여 125~180℃의 이면상승온도 증가가 나타났다. 특히 염화고무계 상도를 시공한 시험체의

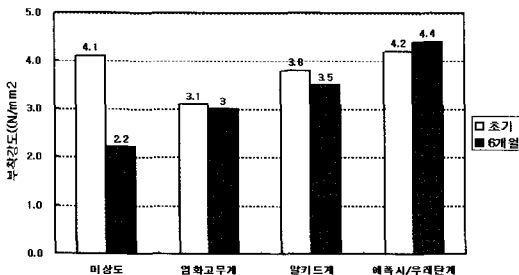


(b) 옥외 폭로

[그림 12] 무기도료 A 부착강도 측정 결과



(a) 옥내 폭로



(b) 옥외 폭로

[그림 13] 유기도료 B 부착강도 측정 결과

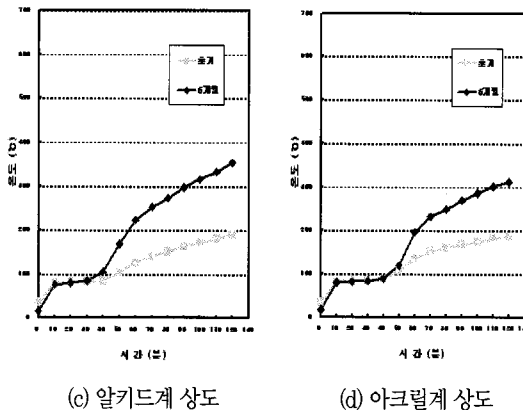
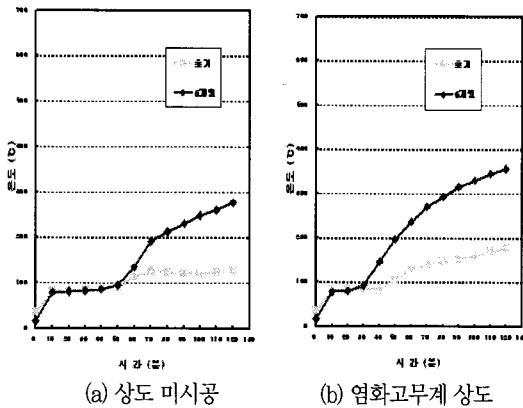
〈표 6〉 무기도로 A (옥내 폭로) 이면상승온도

시간 (분)	초기				6개월			
	미상도	염화 고무계	알키드 계	아크릴 계	미상도	염화 고무계	알키드 계	아크릴 계
10	81	81	81	81	78	77	77	79
20	82	83	83	82	81	80	80	81
30	83	84	84	84	82	93	85	83
40	85	83	85	88	87	147	106	89
50	91	105	103	108	96	196	168	119
60	113	130	126	136	135	236	223	196
70	126	139	142	152	190	270	254	233
80	124	146	153	161	213	292	274	249
90	121	152	162	168	230	314	298	270
100	121	160	172	174	238	330	317	288
110	123	168	182	180	261	344	334	302
120	127	176	191	187	277	355	354	312

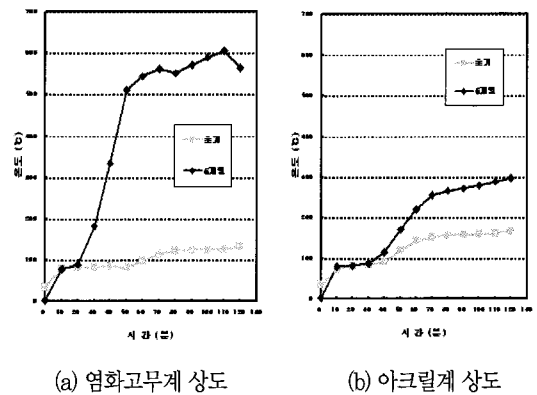
이면상승온도가 180℃ 증가한 것으로 나타나 기타 실험체에 비하여 큰 온도증가가 큰 것으로 나타났다.

〈표 7〉 무기도로 A (옥외 폭로) 이면상승온도

시간 (분)	초기				6개월	
	미상도	염화 고무계	알키드 계	아크릴 계	염화 고무계	아크릴 계
10	81	80	81	72	78	79
20	82	82	83	82	89	82
30	83	83	84	86	182	87
40	85	85	85	91	335	115
50	91	82	103	120	511	170
60	113	99	126	143	543	221
70	126	114	142	152	562	256
80	124	121	153	155	552	267
90	121	123	162	157	571	272
100	121	125	172	159	589	280
110	123	128	182	162	606	289
120	127	133	191	166	564	298



〈그림 15〉 무기도로 A (옥내 폭로) 이면상승온도곡선



〈그림 16〉 무기도로 A (옥외 폭로) 이면상승온도곡선

옥외 폭로의 경우 도막두께 및 부착강도 측정시와 마찬가지로 상도 미시공 및 알키드계 상도가 시공된 실험체는 시공된 도료의 대부분이 탈락하여 실험이 불가능하여 측정 가능한 염화고무계 및 아크릴계 상도 시공 실험체를 대상으로 내화실험을 실시하였다.

실험결과 제작 초기와 비교하여 염화고무계 상도 시공 실험체에서 430℃, 아크릴계 상도 시공 실험체

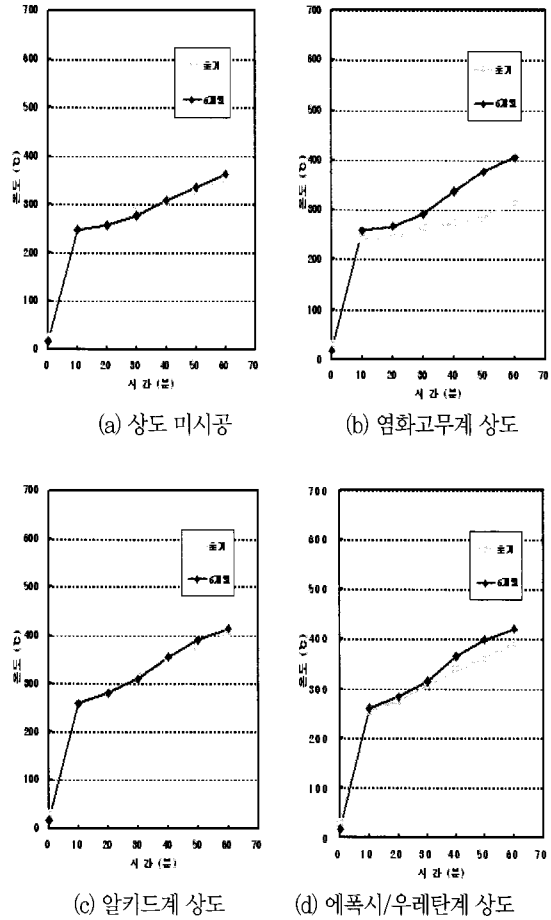
에서 130℃의 이면상승온도 증가가 나타났다.

실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 무기도료에 대한 내화실험결과를 비교할 때 전체적으로 상도 시공 여부에 관계없이 이면상승온도가 초기에 비하여 최소 125℃이상, 옥외 폭로의 경우 최대 430℃가 증가하여 실험체의 내화능력이 제작초기에 비하여 저하한 것으로 판단된다.

표 8~10 및 그림 17~19는 제작 초기 및 6개월 경과사 유기도료 실험체에 대한 내화실험 결과를 나타낸 것이다.

제작 초기의 내화실험 결과 유기도료 B의 이면상승온도가 유기도료 C에 비하여 약 50~80℃ 정도 높게 나타났으며, 유기도료 B에서는 알키드계 상도를 시공한 실험체가 기타 실험체에 비하여 20~90℃ 정도 높은 이면상승온도를 나타냈다. 유기도료 C의 경우는 상도 종류에 따른 이면상승온도의 차이가 10℃ 이하로 나타났다. 또한 상도 미시공 실험체의 이면상승온도가 상도 시공의 경우보다 20℃ 낮은 것으로 나타났다.

실험체 제작후 6개월 폭로후의 내화실험결과는 옥내 폭로의 경우는 도료의 종류 및 상도 시공 여부에 관계없이 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 상도를 미시공한 실험체에서 다른 실험체보다 30℃



[그림 17] 유기도료 B (옥내 폭로) 이면상승온도곡선

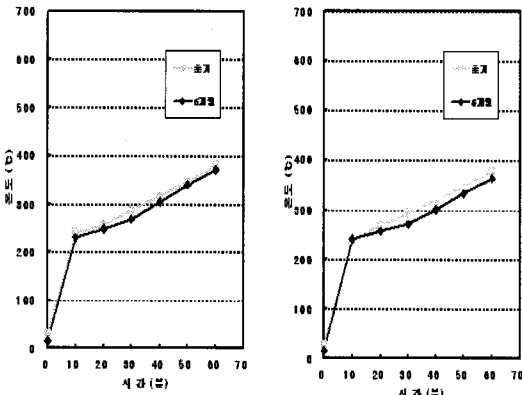
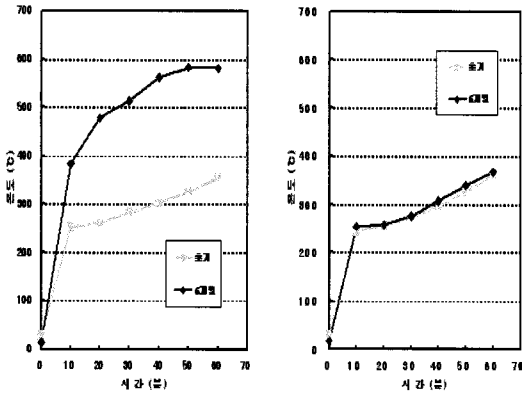
<표 8> 유기도료 B (옥내 폭로) 이면상승온도

시간 (분)	초기				6개월			
	미상도	염화 고무계	알키 드계	에폭시/ 우레탄계	미상도	염화 고무계	알키 드계	에폭시/ 우레탄계
10	247	242	258	254	247	257	259	261
20	261	244	281	275	256	266	281	283
30	283	260	316	306	277	291	309	315
40	303	272	346	336	307	338	356	366
50	326	284	372	361	336	377	391	399
60	352	316	405	391	363	406	415	420

<표 9> 유기도료 B (옥외 폭로) 이면상승온도

시간 (분)	초기				6개월			
	미상도	염화 고무계	알키 드계	에폭시/ 우레탄계	미상도	염화 고무계	알키 드계	에폭시/ 우레탄계
10	251	243	240	238	382	253	230	241
20	260	255	255	269	478	257	249	256
30	282	273	286	294	512	275	268	272
40	302	295	316	320	563	306	304	301
50	326	326	346	348	584	339	340	333
60	355	361	380	377	581	367	372	363



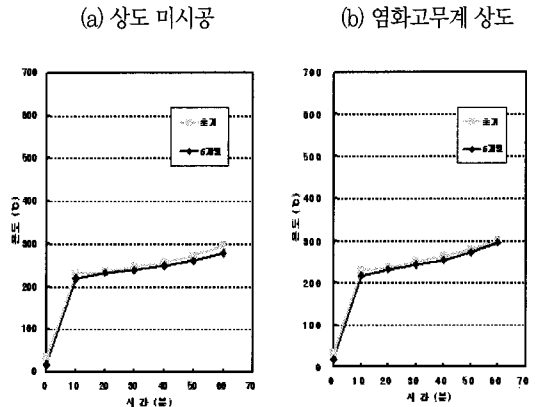
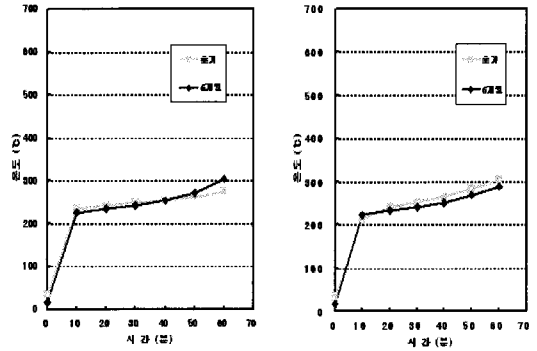


[그림 18] 유기도료 B (옥외 폭로) 이면상승온도곡선

B에 염화고무계 상도를 시공한 경우와 옥외 폭로시 상도를 미시공한 경우를 제외하고는 전체적으로 도로 종류, 상도 시공 여부 및 폭로 조건에 관계없이 제작 초기와 6개월 경년시의 이면상승온도가 큰 차이

<표 10> 유기도료 C (옥외 폭로) 이면상승온도

시간 (분)	초기				6개월			
	미상도	염화 고무계	알키드계	에폭시/우레탄계	미상도	염화 고무계	알키드계	에폭시/우레탄계
10	234	213	230	230	225	223	219	217
20	242	240	234	236	235	234	232	232
30	248	252	247	250	243	240	238	243
40	252	265	257	263	252	249	249	253
50	262	283	274	279	271	269	261	272
60	275	306	297	299	304	289	279	295



[그림 19] 유기도료 C (옥내 폭로) 이면상승온도곡선

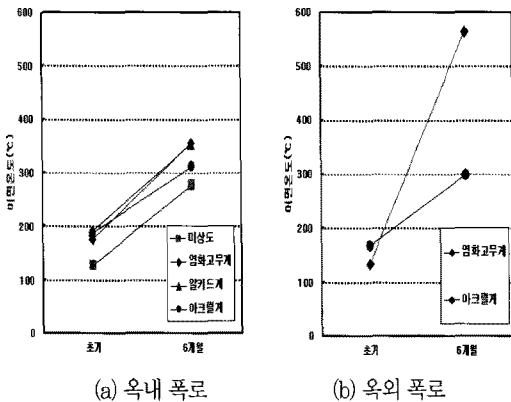
높은 이면상승온도를 나타냈다.

옥외 폭로의 경우에는 상도를 시공하지 않은 경우를 제외하고는 상도 종류에 관계없이 평균 5℃ 정도 이면상승온도가 변화한 것으로 나타나 옥내 폭로의 경우와 비교하여 이면온도 변화에 차이가 없는 것으로 나타났다. 단 염화도로 B에 상도를 미시공한 경우는 이면상승온도가 200℃ 증가한 것으로 나타나 기타 실험체에 비하여 옥외 폭로시 이면온도의 상승이 큰 것으로 나타났다.

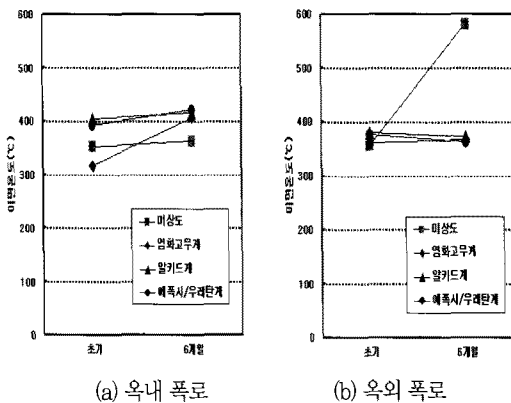
실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 유기도료에 대한 내화실험결과를 비교할 때 유기도료

가 없는 것으로 나타나 무기도료와는 달리 내화성능에 큰 변화는 없는 것으로 판단된다.

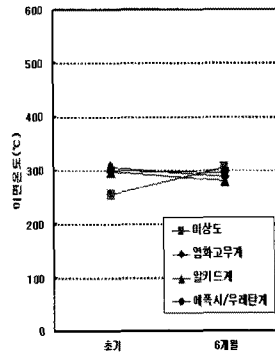
실험체 제작 초기 및 6개월간의 옥내·외 폭로후 실시한 내화실험결과 무기도료의 경우 상도 시공 및 종류에 관계없이 어떤상승온도가 옥내 폭로시에는 125~180℃, 옥외 폭로시에는 130~430℃ 증가한 것으로 나타났다. 특히 옥외 폭로의 경우 실험이 가능한 실험체를 대상으로 실시한 결과임을 감안할 때 무기도료의 경우 제작 후 6개월 경과시 내화성능이 제작 초기에 비하여 저하되는 것으로 판단되며, 향후 시간경과에 따른 도막 두께 및 부착강도 실험 결과와 연관된 내구성 변화에 대한 분석을 실시할 예정이다.



[그림 20] 무기도료 A 이면최고온도 비교



[그림 21] 유기도료 B 이면최고온도 비교



[그림 22] 유기도료 C 이면 최고온도 비교

무기도료에 비하여 유기도료는 유기도료 B에 염화고무계 상도를 시공한 경우를 제외하고는 도료 종류, 상도 시공 여부 및 폭로조건에 관계없이 제작 초기와 비교하여 내화성능에 큰 변화가 없는 것으로 판단되며, 무기도료와 함께 향후 시간경과에 따른 내화실험을 진행하여 내화성능 변화에 대한 추가 분석을 실시할 예정이다.

#### 4. 결론

- (1) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 옥내·외 폭로 실험결과를 비교할 때 무기도료의 경우 옥외 폭로시 모든 실험체에서 표면의 균열 및 도료의 탈락 현상이 심하게 발생하였으며, 알키드계 상도 시공 실험체에서는 옥내 폭로에서도 박리 현상이 나타났다. 유기도료의 경우는 옥외에 폭로시킨 상도 미시공 실험체의 표면변화를 제외하고는 제작 초기에 비해 큰 변화가 발생하지 않았다.
- (2) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 도막두께 측정 결과를 비교할 때 무기도료를 옥외 폭로시킨 경우 대부분 두께 측정이 불가할 정도로 실험체에서 표면의 균열 및 도료의 탈락현상이 나타났다. 옥내 노출의 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.

- (3) 실험체 제작 초기와 제작후 6개월 경년까지의 부착강도 측정 결과를 비교할 때 무기도료의 경우 전반적으로 58~100%의 부착강도 저하율을 나타내 상도 시공 및 폭로 조건에 관계없이 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.

- (4) 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.

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

온·습도조건에 따른 내화성능, 대한건축학회 논문집 구조계, 22권, 8호, 2006

4. KS M ISO 4624 도료와 바니시-부착 박리 시험, 2002.
5. KS M 5000 도료 및 관련 원료 시험방법, 2003.
6. 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
7. 鋼構造耐火設計指針, (社)日本建築學會, 1999
8. 耐火塗料の實用化評に關價する調査研究, (社)日本鋼建構造協會, 1998
9. 骨造建築の耐久設計ガイドブック, (社)日本鋼建構造協會, 1998
10. 建築物・部材齊・材料の耐久設計手法・同?解説, 日本建築學會, 2003.
11. Y. Sakumoto, Dueability evaluation of intumescent coating for steel frames, Journal of materials in civil engineering, 2001
12. BS 8202-1, Coating for fire protection of building elements -Part 1:Code of practice for selection and installation of sprayed mineral coatings, 1995
13. BS 8202-2, Coating for fire protection of building elements -Part 1:Code of practice for the use of intumescent coating system to metallic substrates for providing fire resistance, 1992

### 〈참고문헌〉

1. 최동호, 장기 경년변화에 따른 뿔칠내화피복재의 특성에 관한 실험적 연구, 2004. 6.
2. 최동호, 서치호, 장기 경년변화에 따른 뿔칠내화피복재의 내화성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 20권, 10호, 2004
3. 이종찬, 이세현외, 석고 및 질석계 내화뿔칠재의