

# 내화피복재 10년 경년변화 시험연구

정재균/건축구조부 선임 연구원

## 1. 머리말

현재 우리나라에서 시공되고 있는 대부분의 고층 건축물은 고층화를 위한 건축물의 중량감소, 공간활용의 극대화, 시공의 간편성 및 공기단축 등을 이유로 내화성능이 우수한 철근콘크리트 구조에서 상대적으로 취약한 철골조로 건축되고 있다.

따라서 건축법규에서는 이들 철골조 건축물의 내화성능을 보강하기 위하여 국가에서 내화성능을 인정하여 지정고시한 내화피복공법에 의해 철골조의 기둥이나 보 등 주요구조부를 보호하도록 하고 있다.

여기에서는 철골 구조물의 내화성능 보안을 위해 사용하는 뿔칠 내화피복재의 경년에 따른 내화성능 및 부착강도 등의 변화를 시험 연구하여 관련 제품의 내구성 등에 대한 성능실태를 파악하는데 그 목적이 있다.

## 2. 시험대상 및 연구단계

내화피복재의 경년변화 시험연구 대상으로 반습식 내화피복재 1종, 습식 내화피복재 2종을 선정하고 경년별 시험연구를 [표1]과 같이 단계적으로 수행하여 각각의 경년 시험결과를 종합분석, 이를 토대로 연구결과의 결론을 도출하고자 하며, 여기에서는 그 중에서 반습식 내화피복재 10경년 시험결과를 대상으로 분석하고자 한다.

[표 1] 경년변화 연구단계

구 분	피 복 재 명		
	반습식 내화피복재	습식 내화피복재 I	습식 내화피복재 II
	1989.11	1990. 8	1991.10
1 경년	1990.11	1991. 8	1992.10
2 경년	1991.11	1992. 8	1993.10
3 경년	1992.11	1993. 8	1994.10
5 경년	1994.11	1995. 8	1996.10
10 경년	1999.11	2000. 8	2001.10

## 3. 시험체 제작

가. 반습식 내화피복재 1종과 습식 내화피복재 2종 등 모두 3종을 가로 30 cm × 세로 30 cm 크기의 철판에 [표 2]와 같이 가열등급별 피복두께를 다르게 하여 뿔칠 제작하였다.

나. 본 시험체는 내화시험용 시험체 제작시 함께 제작된 것으로서 뿔칠시 압력, 분사거리 및 각도 등이 일정하지 않아 시공상의 오차가 있었다.

[표 2] 시험체 제작시방

피 복 재 명	가열등급	피복두께(mm)	크 기(mm)	수 량
반습식 내화피복재	1시간	30t	가로300×세로300	20개
	2시간	40t	"	"
	3시간	50t	"	"
습식 내화피복재 I	1시간	16t	"	"
	2시간	28t	"	"
	3시간	38t	"	"
습식 내화피복재 II	1시간	20t	"	"
	2시간	30t	"	"
	3시간	40t	"	"

## 4. 경년변화 시험실시

### 가. 시험항목 및 시험체 수

해당 경년별(1, 2, 3, 5, 10년) 시험항목 및 해당 시험체 수는 [표 3]과 같다.

[표 3] 경년변화시험항목 및 시험체수

시 험 항 목	시 험 체 수	비 고
가 열 시 험	2개/가열등급별	밀도측정시험은 가열시험이 종료된 시험체에 대하여 실시
밀도측정시험		
부착강도시험	1개/가열등급별	

## 나. 시험방법

### 1) 가열시험

이면온도 측정용 열전대 3개를 부착한 시험체 2개를 1m × 1m 크기의 벽체에 설치하고 유효가열면적이 1m × 1m인 수직가열로에 고정시킨 후 KS F 2257(건축구조부분의 내화시험방법, 1993)에서 정한 표준가열온도곡선에 맞도록 시험체를 가열등급(1~3시간)동안 가열하였다.

### 2) 밀도측정시험

시험체의 무게, 길이, 폭 및 두께를 측정하여 다음 식에 의하여 계산한다.

$$D = \frac{w}{L \times W \times t}$$

D = 밀도 (g/cm<sup>3</sup>)  
 w = 건조후 무게 (g)  
 L = 시료의 길이 (cm)  
 W = 시료의 폭 (cm)  
 t = 시료의 두께 (cm)

### 3) 부착강도시험

금속접시(면적 5.36 × 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>)에 2액형 우레탄 수지를 25 cm<sup>3</sup> 가량 섞어서 내화피복재 표면에 접착시킨후 완전 경화가 되도록 하고 시험은 금속접시 중앙에 부착된 후크에 용수철 저울을 걸어 분당 약 5 kg의 힘을 단계적으로 가하여 시험체가 탈락(피복재와 철판간, 혹은 피복재 조직간)할 때의 수치를 기록하여 두고 다음 식에 의하여 부착강도를 계산한다.

$$CA = \frac{F}{A}$$

CA = 부착강도 (kg/cm<sup>2</sup>)  
 F = 기록된 힘의 수치 (kg)  
 A = 금속접시의 면적 (cm<sup>2</sup>)

## 5. 경년별 시험결과

### 가. 시험결과

반습식 내화피복재의 10경년에 대한 경년별 시험(가열시험, 밀도시험 및 부착강도시험)결과를 종합하면 [표 4]와 같다.

[표 4] 반습식 내화피복재 경년별 시험결과

경년별	시험체구분		시험일	내 화 성 능		밀도(g/cm <sup>3</sup> )	부착강도(kg/cm <sup>2</sup> )
				평균온도(°C)	최고온도(°C)		
1 경년	1H	A	90.11.23	225	227	0.31	0.18
		B		197	204	0.38	
	2H	A	90.11.27	233	245	0.34	0.34
		B		227	238	0.39	
	3H	A	90.11.28	242	276	0.34	0.09
		B		246	291	0.35	
2 경년	1H	A	91.11.26	236	236	0.30	0.06
		B		212	220	0.32	
	2H	A	91.11.30	242	262	0.32	0.09
		B		236	250	0.28	
	3H	A	91.10.2	232	252	0.33	0.11
		B		243	273	0.37	
3 경년	1H	A	92.11.9	216	222	0.33	0.15
		B		209	225	0.34	
	2H	A	90.11.10	233	238	0.32	0.26
		B		222	234	0.37	
	3H	A	92.11.9	227	246	0.35	0.13
		B		229	240	0.36	

# 특집(방화제품경년변화)

5 경년	1H	A	94.11.17	223	233	0.42	0.07
		B		244	254	0.40	
	2H	A	94.11.16	219	229	0.42	0.09
		B		222	240	0.44	
	3H	A	94.11.15	238	263	0.35	0.06
		B		222	223	0.33	
10 경년	1H	A	2000.3.24	248	256	0.34	0.08
		B		236	249	0.36	
	2H	A	2000.3.16	213	224	0.34	0.06
		B		217	226	0.37	
	3H	A	2000.3.20	293	327	0.32	0.07
		B		261	300	0.33	

## 나. 시험결과 분석

### 1) 내화성능

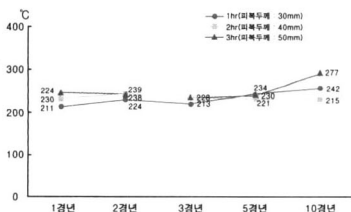
내화등급별로 가열시험을 실시하여 측정된 이면온도로 내화성능을 분석한 결과 이면평균온도의 편차

가 5.3~14.0 % 범위로 나타나 내화성능은 경년에 따른 별다른 차이가 없이 거의 유사하게 나타났다. ([표 5] 및 [그림 1], [그림 2] 참조)

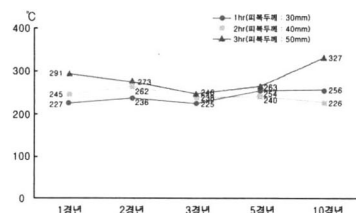
[표 5] 경년별 내화성능(이면온도) 분석 결과

(단위 : °C)

내 화 등 급 별		이 면 온 도					전체 평균 및 편차	
		1경년	2경년	3경년	5경년	10경년	평균	편 차(%)
1시간	평균온도	211	224	213	234	242	225	-14(6.2), +17(7.6)
	최고온도	227	236	225	254	256	240	-15(6.3), +16(6.7)
2시간	평균온도	230	239	228	221	215	227	-12(5.3), +12(5.3)
	최고온도	245	262	238	240	226	242	-16(6.6), +20(8.3)
3시간	평균온도	244	238	228	230	277	243	-15(6.2), +34(14.0)
	최고온도	291	273	246	263	327	280	-34(12.1), +47(16.8)



[그림 1] 경년별 내화성능(강재평균온도) 변화 곡선



[그림 2] 경년별 내화성능(강재최고온도) 변화 곡선

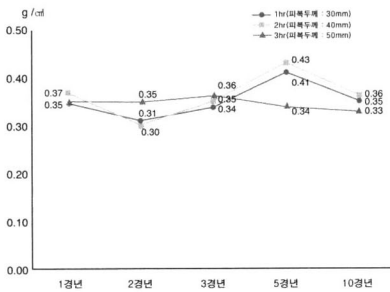
## 2) 밀 도

밀도 측정결과 편차가 2.9~19.4 % 범위로 나타나 경년과 밀도는 [표 6] 및 [그림 3]과 같이 별다른 상관관계를 갖지 않는 것으로 나타났다.

[표 6] 밀도 시험결과

(단위 : °C)

내 화 등급 별	밀 도					전체 평균 및 편차	
	1경년	2경년	3경년	5경년	10경년	평균	편 차(%)
1시간	0.35	0.31	0.34	0.41	0.35	0.35	-0.04(11.4), +0.06(17.1)
2시간	0.37	0.30	0.35	0.43	0.36	0.36	-0.06(16.7), +0.07(19.4)
3시간	0.35	0.35	0.36	0.34	0.33	0.35	-0.02(5.7), +0.01(2.9)



[그림 3] 경년별 밀도 변화 곡선

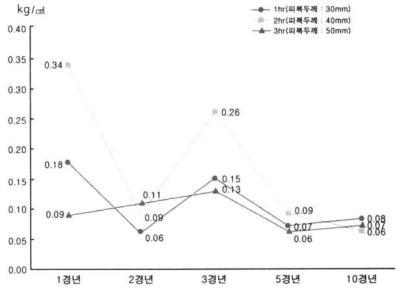
## 3) 부착강도

부착강도 시험결과 피복재의 조적이 떨어진 것으로 나타났으며, 철판면으로부터 탈락되는 경우가 없어 철판과의 부착력 변화는 측정할 수 없었다. [표 7] 및 [그림 4]와 같이 경년변화에 따라 3경년까지는 일관성 있는 변화를 찾기 어려우리만큼 큰 편차를 보이고 있으나 3경년도 이후부터는 부착강도가 저하되는 경향으로 나타났다.

[표 7] 부착강도 시험결과

(단위 : °C)

내 화 등급 별	밀 도					전체 평균 및 편차	
	1경년	2경년	3경년	5경년	10경년	평균	편 차(%)
1시간	0.18	0.06	0.15	0.07	0.08	0.11	-0.05(45.5), +0.07(63.6)
2시간	0.34	0.09	0.26	0.09	0.06	0.17	-0.11(64.7), +0.17(100.0)
3시간	0.09	0.11	0.13	0.06	0.07	0.09	-0.03(33.3), +0.04(44.4)



[그림 4] 경년별 부착강도 변화 곡선

## 6. 맺음말

반습식 내화피복재에 대한 10경년 시험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 내화성능과 밀도는 경년에 따라 별다른 변화가 없는 것으로 나타났다.
- 2) 부착강도는 경년에 따라 저하되는 경향이 있었다.

3) 본 경년변화 시험연구는 소규모의 시험체(가로 300 mm × 세로 300 mm)를 이용하여 수행한 연구 결과로서 시험결과는 시험체 제작시 뿔칠 압력, 뿔칠 거리 및 뿔칠 각도 등에 따른 시공오차가 있는 것으로 나타났다. 따라서 피복재 경년변화에 대한 보다 정확하고 신뢰성이 있는 결과를 도출하기 위해서는 균일한 조건으로 제작된 일정한 치수의 시험체를 가지고 차후에 추가시험연구가 진행되어야 할 것이다.