

# 국내 내화도료의 시공지침을 위한 한일 연구현황 및 시방서 비교를 통한 개선방향제시

Comparative Study on the Research Status and Specification  
between Korea and Japan for Technical Recommendation of Fire  
Resistance Painting and for Future Tasks



권영진

호서대학교 소방방재학과  
교수, 국제교류위원장

## 1. 서론

본 연구는 전보<sup>1), 2), 3)</sup>에서 기술한 바와 같이 지난 2013년 11월 14일 일본건축마감학회와 본 한국건축시공학회가 상호 연구협력을 위한 MOU를 체결하였으며, 이에 따라 국제교류 위원회에서는 일본건축마감학회에서 2010년에 발행된 『耐火塗料の施工指針(案)同解説<sup>4)</sup>』을 번역하는 것을 제1차 협력방안으로 결정하여 그 내용을 3회에 걸쳐 소개하였다.

본 보고는 전보 결연에서 서술한 바와 같이 내화도료에 관한 특집으로서, 그동안 발표된 내화도료에 관한 국내 및 일본의 연구현황을 조사하였고, 아울러 국내의 내화도료시공에 대한 건축공사표준시방서<sup>5)</sup>의 기술기준과 일본건축학회의 철골공사기술지침<sup>6)</sup>의 시방서와의 비교 등을 수행하여 향후 체계화된 기술기준 및 시방서 등이 될 수 있도록 개선방향을 제시하는 것에 그 목적이 있다.

## 2. 내화도료에 관한 한국과 일본의 연구동향 및 주요학회 시방서 조사

### 2.1 내화도료에 대한 한국과 일본의 연구동향

#### 2.1.1 한국의 내화도료에 관한 연구동향

한국과 일본의 내화도료에 대한 연구동향을 정리한 <표 1>과 <표 2>에 의하면 국내의 경우에는 2001년도에 내화도료에 대한 소개가 시작되어 2005년을 지나면서 현장적용과 내

화도료의 내구성에 대한 연구가 중심이 되어소개되기 시작하였으나, 2013년이 지난 시점에서도 아직 활발한 연구는 이루어지지 않고 있는 것을 알 수 있다. 반면 일본의 경우에는 <표 2>에 나타난 바와 같이 산학연이 중심이 되어

그 메카니즘과 현장적용성 및 10년 이상의 경과보고를 수행하는 등 다양한 연구를 통하여 시방서가 구축되고 있다. 국내에서도 이 분야에 대한 보다 광범위하고 면밀한 검토가 이루어질 필요성이 매우 시급한 것으로 사료된다.

[표 1] 한국의 내화도료에 관한 연구의 동향 집계표

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
1	2001	가열 발포형 유기계 내화도료의 내화특성	박영희	RIST연구논문 15, 2(2001. 6) pp. 206~209 포항산업과학연구원
		발포형 유기계 내화도료의 내화성능을 중심으로 소개하였다.		
2	2005	내화구조 현장품질확인시스템 개선 연구 : 내화도료를 중심으로	강성훈, 지남용, 민병렬	대한건축학회 창립 60주년기념 학술발표대회논문집 제25권 제1호
		일본의 현장품질확인시스템을 고려하여 국내에서의 개선방향을 도출하였다.		
3	2006	경년변화에 따른 내화도료의 내구성에 관한 실험적 연구	최동호, 성시창, 김대회, 서희원	대한건축학회 학술발표대회 논문집
		경년변화에 따른 내화도료의 내구성을 평가함으로써 내화성능의 유지에 대한 조사분석을 실시하였다.		
4	2006	강구조용 내화도료	조을용	대한건축학회지 제50권 제12호
		내화도료의 작용원리(발포과정), 역할, 도장작업, 규정, 시장현황 및 내화도료 제품을 소개하였다.		
5	2007	경년변화에 따른 내화도료의 내구성 및 내화성능 변화에 관한 실험적 연구	최동호, 서희원, 김대회, 성시창, 이세현, 이종찬	대한건축학회지 제23권 제11호 통권 제229호
		경년변화에 따른 내화도료의 내구성 및 내화성능 변화에 대한 연구를 수행함으로써 경년변화의 영향을 조사분석하였다.		
6	2008	촉진내구성시험에 의한 내화도료의 내화성능 평가에 관한 실험적 연구	김대회	대한건축학회 학술발표대회 논문집
		촉진내구성 시험방법을 통하여 내화도료의 내화성능평가에 관한 내용을 정리하였다.		
7	2008	환경시험방법에 의한 내화도료의 내화성능에 관한 실험적 연구	박수영, 성시창, 최동호, 김대회, 이세현, 이종찬	한국화재소방학회 2008년도 춘계학술 논문발표회 논문집
		환경시험방법이후의 내화도료의 내화성능을 분석하여 보고하였다.		
8	2009	내화도료 내구성 평가 방법 설정에 관한 연구	최동호	한국화재소방학회논문지 제23권 제1호
		본 연구에서는 시간 경과에 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 기초자료를 제시하였다.		
9	2011	TGA-IR을 사용한 내화 도료의 특성에 관한 연구	신현욱, 신현준, 조원보, 이성훈, 이동호, 김효진	한국분석과학회 vol. 24 no. 3 (2011년 6월), pp. 168~172
		본 연구에서는 이 내화 도료에 대한 특성 연구를 위하여 내화 도료 열 두 제품과 내화성능이 없는 일반 도료 여섯 제품의 비교분석을 수행하였다. 즉 내화 유기 도료의 경우에는 일반 유기 도료와 비교한 결과, 250°C까지의 TGA 그래프가 차이 나는 것을 확인하였으며, 연소 시 스펙트럼의 차이를 확인할 수 있었다. 그리고 내화 무기 도료는 TGA 무게 감소량으로도 특징을 확인할 수 있었다.		
10	2011	경년변화에 따른 내화도료의 성능 변화에 관한 실험적 연구	최동호, 김대회, 이세현, 이종찬, 김두호, 김대회	대한건축학회지 제27권 제3호 pp. 73~82
		본 연구는 2년 동안의 경년변화에 따른 내화도료의 접착강도 및 내화성능의 검토를 수행하여 정리하였다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
11	2011	SST(Salt Spray Test)가 내화도료방식의 내구성능에 미치는 영향에 관한 연구	우인성, 황명환, 최만순, 박희철, 박화용, 최승관, 최정윤, 천재민, 장현민	리스크관리연구 제22권 제1호 제35집
		본 연구는 여러 환경 인자 중에 특히 해양산업이 발달한 우리나라는 전해질로 작용할 수 있는 염분이 포함된 공기와 여름의 고온다습한 기후의 영향으로 부식이 원활하게 진행될 수 있는 해양·부식 환경이 내화도료의 장기 옥외 내구성능에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이를 위하여 SST(Salt Spray Test)방법을 사용하였고, 그 결과 내화도료는 상도 및 중도의 특성에 따라 내구성능 및 내화성능의 차이를 보였으며, 시공되어지는 환경에 맞추어 상도, 중도의 알맞은 시공이 내화도료의 장기 내구성능과 경제적 손실을 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.		
12	2012	3시간 내화도료의 개발을 위한 내화성능 및 부착 특성 평가에 관한 실험적 연구	김수영, 김성길, 이한승	한국건축시공학회지 제12권 2호 통권 제 23집
		3시간 내화도료의 개발을 위하여 2가지 종류의 내화도료에 대한 성능을 분석하였다.		
13	2013	기능성 도료 신기술; 친환경 내화도료 기술 동향	엄경일, 유철희, 원제홍, 전수민, 김대희	공업화학 16권 5호 한국공업화학회
		내화도료는 건축물이나 플랜트, 특수 선박 등의 철재 구조물에 피복되는 도료로 화재 시 도막이 팽창하여 내화 단열층을 형성함으로써 철재 구조물의 내력 저하를 방지하고, 이로 인해서 철재 구조물을 보호하는 기능성 도료이다. 본 글에서는 내화도료의 기본 메커니즘 및 기술동향 그리고 최근의 시장 동향 등을 조사하여 정리하였다.		

## 2.1.2 일본의 내화도료에 관한 연구동향

[표 2] 일본의 내화도료에 관한 연구동향 집계표

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
1	1951	발포성내화도료에 대하여	櫻井, 泉外 (동경대학 총합시험소)	일본화재학회논문보고집 제1권 제1호 1951, pp. 24~26
		발포성방화도료의 성분인 치오요소멜라민레진, 인산이수소암모니아, 인산아니린배합비율을 변화시켜 방화성능을 조사한 후 발포성 및 방화성의 관계를 표로 정리한 결과, 발포능력만으로 방화성능을 판정할 수 없으므로 발포능력평가시험방법을 제안하였고, 그 결과를 확인하였다.		
2	1953	발포성내화도료의 연구(제1보)	櫻井, 泉外 (동경대학 총합시험소)	공업화학잡지 제56권, 제3편, 1953, pp. 28~30
		최근미국에서 개발된 $NH_4H_2O_4-(NH_2)2CO$ -Paraformaldehyde-Stach계 도료의 배합비율과 도막형성능, 기포능력 및 방화성능과의 관계를 조사하여 각성분에 대하여 얻어진 결과를 보고하였다.		
3	1991	고온특성이 우수한 건축구조용강재의 이용기술에 관한 연구(제4보)내화도료로 피복한 실대부재의 내화시험결과에 대하여	佐藤, 作本, 川崎, 川村, 山口, 原(新日本製鉄)	일본건축학회 대회학술강연경계집 (동북)1991, pp. 1173~1174
		$NH_2H_2PO_4(NH_2)2CO$ -Paraformaldehyde-Starach의 성분으로 구성된 발포성방화도료의 실험배합비율과 ①도막형성능 ②발포능력 ③방화성능과의 관계를 조사하여 각성분의 기능에 관하여 얻어진 결과를 보고하였다. ①, ②, ③에서 배합비율을 바꿈으로써 결과에 많은 차이가 있었다.		
4	1991	내화시험결과에 따른 내화성능예측법	茂木 武(건축연구소)	일본건축학회 구조계논문보고집, 제427호, 1991, pp. 99~106
		FR강에 내화도료로 피복한 실제사이즈의 보 및 기둥의 재하시험을 실시하여 다음의 결론을 얻었다. 1. 발포성내화도료는 고온강도의 특성이 우수한 FR강에 피복하면 막두께 2mm에서 내화 1시간의 성능이 얻어진다. 2. 발포성내화도료는 가열개시 후 약 10분에 강재온도 300°C로 발포하면 단열성능이 향상된다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
5	1992	내화도로로 피복된 내화강기둥의 내화성능	作本,山口,岡田(新日本製鉄)吉田,田坂(日本建築総合試験所)	GBRC 68, 1992, pp. 21~26
		유럽의 내화도로는 일본의 JIS규격 및 법령을 만족시킬 수 없기 때문에 내화도로를 FR강에 피복하여 내화성능을 재하가 열실험을 통하여 실험적으로 검증하였다.		
6	1992	발포성내화도로(옥외용)의 내구성시험결과에 대하여	松島,岩田,西田,作本外	일본건축학회대회 학술강연경계집, 1992, pp. 1367~1368
		독일의 테소파크사 제품인 내화도로 Pyrotec(옥외용)를 사용하여 총합도막으로 촉진내구성시험을 실시하였다. 시험체에 사용한 강판사이즈는 400×450mm, 70×50mm이었으며, 촉진내구성시험은 건재센터에서 촉진폭로-동결융해-고습도-이황산가스-염수분무로 진행하였다. 시험결과는 촉진열화에서 도막의 이상 및 가열시험에서의 발포성상, 강판온도의 이상은 없었다.		
7	1992	발포성내화도로에 관하여	河西外	테크니컬레포트, GBRC68, 1992, pp. 37~40
		내화도로의 시방, 메카니즘, 성능 등을 분석하였고, 도장실적을 사진을 첨부하여 설명하였다.		
8	1993	내화도로의 내화성능에 미치는 철골부재의 열용량의 효과	作本, 山口, 岡田, 吉田 (日本建築総合試験所)	일본건축학회 구조논문보고집, 1993, 11, pp. 189~196
		유럽의 내화도로는 일본의 JIS규격 및 법령을 만족시킬 수 없기 때문에 내화도로를 FR강에 피복하여 내화성능을 재하가열실험을 통하여 실험적으로 검증하였다.		
9	1993	내화도로	岡田	건축기술 1993, pp. 94~99
		내화도로의 시방, 메카니즘 및 성능 등과 더불어 도장실적을 사진을 포함한 사례를 들어 설명하였다		
10	1993	내화-내화피복	大内(鹿島建設)	건축보전 1993, No. 83 pp. 56~62
		강구조건축물의 화재 시의 안전성의 근간인 내화피복의 역할과 관련규정을 서술하여 현재 널리 사용되고 있는 내화피복 및 향후의 동향에 관하여 소개하였다.		
11	1993	내화피복재로서 주목된 발포형내화도로	田畑(三井金属塗料化学)	JETI Vol. 41, pp. 58~59
		새로운 내화피복재로서 발포형내화도로가 주목되고 있다. 내화도로는 2가지 타입이 있으며 건축분야에서 주로 사용되고 있는 FR강과 3mm정도까지의 박막형의 것과 수출용 플랜트에서의 적용에 사용되는 후막형은 외국스펙에 의한 것으로 실례를 설명하며 향후의 체계강화를 과제로 설명하고 있다.		
12	1994	내화도로의 성능평가에 관한 실험연구	斎藤(建材試験센터)	건재시험정보 11, 1994, pp. 18~22
		본 연구는 내화도로의 내구성을 평가하기 위한 시험방법을 확립하기 위하여, 매우 중요한 시험체의 제작조건이 시험결과에 미치는 영향에 관하여 명확하게 하는 것을 목적으로 실시한 시험결과이다. 시험체의 제작조건으로서의 요인은 ①하지 판으로서 사용하는 강판의 형상치수(크기, 두께), ②내화도로의 주변처리방법(피복폭 등)이다.		
13	1994	철골내화피복용 내화도로 『SK타이카코트』	SK화연(주)기술개발부	JETI Vol. 42, p. 75
		내화도로의 개발의 배경으로부터 공법, 특성 및 향후의 전망을 소개하였다.		
14	1995	내화도로의 내화성능과 내구성	新日本製鉄	건축기술 1995, pp. 87~93
		건축연구소와 일본 강구조협회가 실시하고 있는 내화도로의 실용화에 관한 연구 및 신일본제철이 실시하고 있는 FR강에 대한 적용연구에 따른 내화성능과 내구성 및 그 적용법을 소개하였다. 내화성능에 대하여는 내화시간에 미치는 Hp/A의 영향을 검토하고, 필요도막계의 산정방법을 내구성에 관하여는 그 평가방법 및 유지관리방법에 관하여 서술하고 있다.		
15	1995	발포성내화도로(옥외용)의 내구성 시험결과에 관하여	永田(日本페인트)외	일본건축학회 학술강연경계집 1995, pp. 5~6
		내화도로의 보급에는 내구성시험방법의 확립을 목적으로 일본제의 내화도로(타이카리트S200옥외용)를 사용하여 내구성시험을 실시하고 있다. 촉진열화조건은 S-WOM2000H, 염수분무, 내산성, 내수성, 내알칼리성, 내습성, 냉열사이클을 실시하고 있다. 또한 촉진내구성, 실제폭로시험데이터의 취득은 내화도로의 경우에 필수적이다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
16	1995	내화도료에 관하여	永田(日本페인트)외	테크니컬레포트 GBRC77 1995, pp. 55~60
		최근 국산화된 내화도료에 관하여 구성소재, 옥내용과 옥외용의 도장시방, 일례로서 바탕재조정, 부식방지, 내화층, 상도층에 관하여 설명하였고, 특히 어느 상품의 내화성능시험, 열용량시험, 내구성시험의 결과를 보고하였다.		
17	1995	강구조물의 내화도료의 성능과 향후의 전개	本木(SK화연(주)기술 개발부)	도장기술 1995. 2, pp. 77~81
		『SK내화코트』의 시방, 성능을 소개함과 더불어 미래의 내화피복공법의 흐름 및 일본의 내화시험기준의 동향을 나타 내고, 내화도료의 메리트와 과제를 설명		
18	1995	FR강과 내화도료의 복합기술의 신전개	永田(日本페인트)외	도장기술 1995. 2, pp. 82~88
		내화도료의 일반적인 시방 및 그 성능을 『타이카리트』를 예로서 설명하였고, 재하기열시험 및 열용량시험으로부터 그 내화성능을 Hp/A와 필요도막두께와의 관계로 소개, 촉진열화시험 및 그 후의 가열시험에 따른 내구성시험결과를 소개하였다.		
19	1995	해외의 내화구법 및 내화설계의 실례	池田(시미즈건설)	화재216호 1995. 6, pp. 45~50
		유럽에서는 일본과 비교하여 자유로운 내화설계가 행하여져, 새로운 내화구조부재도 개발되었다. 내화구조의 발전의 경과 및 형태가 해외와 일본과는 상이한 점이 많다. 해외의 내화구법, 내화설계의 현황을 조사하였고, 강관콘크리트의 기둥, 수냉강관구조, 내화도료 등의 내화구법을 소개하였으며, 베를린공과대학 등의 내화설계 사례를 열거하였다.		
20	1996	내화피복재로서 내화도료의 개발동향과 적용	元木(SK화연)	도장기술 1996. 8, pp. 63~68
		『SK내화코트』의 시방 및 적용사례를 소개하였고, 그중에 내화성능 및 시공방법을 설명함과 아울러 현재의 시장상황을 개설하였다.		
21	1996	좌담회 내화도료의 현황과 금후의 전망	近藤(일본건축마감학 회)외 5인	FINEX 1998, pp. 7~14
		현재 내화도료에 관한 제1인자를 모아 (사)일본강구조협회 내화도료 소위원회에 있어서 내구성 및 내화성능에 관하여 시험방법, 시공관리, 유지관리에 관하여 지침안이 정비된 경과 및 배경을 소개하였다. 또한 시공관리, 유지관리에 관 하여는 현장에서 실부재를 사용한 간이시험이 제안되어 있으나 과제가 남아있으며, 내화도료의 개발 루트 및 유럽에서 내화도료가 주류인 사실과 내화도료의 가능성 등 폭넓은 화제로 좌담회에서 소개하였다.		
22	1997	발포내화도료의 성능평가에 관한 연구	茂木 武(건축연구소)	건축연구소 연보(1997), pp. 34~35
		발포도료는 화학반응에 의하여 단열층을 형성하기 때문에 온도의존성이 매우 클 것으로 예상되어, 표준가열과 구획화재 실험에서 예측된 실내온도를 참고로 한 2종류의 가열조건에서 외국품과 일본품의 5종류의 발포도료의 내화시험을 실시 하였다. 저온가열의 경우에 발포층의 형성이 억제되었기 때문에 강재의 온도상승속도가 크게 된 것으로 평가하였다.		
23	1997	발포내화도료의 내화성능	茂木 武(건축연구소)외 1인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (관동)1997, pp. 127~128
		발포도료는 화학반응에 의하여 단열층을 형성하기 때문에 온도의존성이 강한 것으로 예상되어, 표준가열과 구획화재실험에서 예측된 실내온도를 참고로 한 2종류의 가열조건에서 외국품과 일본품의 5종류의 발포도료의 내화시험을 실시하였다. 저온가열의 경우에 발포층의 형성이 억제되었기 때문에 강재의 온도상승속도가 크게 된 것으로 평가하였다.		
24	1998	철골용 내화도료의 적용성 (제2보, 시공관리방법의 제안)	近藤(일본건축마감학 회)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (구주)1998, pp. 321~322
		내화도료를 강제에 도장하는 경우, 막두께에 대한 시공기준의 설정과 그 검증, 시공기준을 다음과 같이 설정하였다. 1) 도막두께 측정치의 평균치가 규정도막두께의 100%이상 2) 도막두께 측정치의 최소치가 규정도막두께의 60%이상 3) 도막두께 측정치의 변동계수가 20%미만 동일단면 내에서 도막두께 변동을 준 경우와 균일의 도막두께를 비교한 결과 시공기준은 충분한 허용범위임		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
25	1998	철골용내화도료의 적용성 (제3보 유지관리방법의 제안)	近藤(일본건축마감학 회)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (구주)1998, pp. 323~324
		발포성 내화도료의 주재인 폴리인산암모늄은 가수분해되어 내화성능이 저하되는 것으로 판단되고, 실제의 철골부재의 내화도막을 소량 채취하여 간편하고 실용적이며 범용성 있는 방법을 검토하여 내화도료 유지관리지침 및 동해설을 제안하였다.		
26	1998	발포성내화도료로 피복된 철강기둥의 재하가열 실험	永田(日本페인트)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (구주)1998, pp. 83~84
		건축구조용 내화강재를 사용한 발포성내화도료로 피복된 철골부재의 재하가열시험은 이미 실시되고 있으나, 일반 구조용강재에 대한 실험데이터는 매우 적은 상황이다. 내화도료로 피복된 일반강의 기둥재를 대상으로 작용하중을 변수로 한 재하시험을 실시한 결과, 내화층 도막두께 1.6mm에서 장기허용좌굴하중(No)에 대한 작용하중(N)의 비(작용축력비) $N/No \leq 0.64$ 에서 1시간 내화성능을 갖는 것을 확인하였고, 축력비와 내화성능의 관계도 명확하게 도출하였다.		
27	1998	철골용 내화도료의 적용성 (내구성 평가시험방법의 제안)	永田(日本페인트)외 2인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (구주)1998, pp. 319~320
		(사)일본 강구조협회 내화도료소위원회 내구성 워킹그룹에서 검토한 옥외폭로시험, 촉진열화시험의 결과에 따라 일본의 기후환경에 적합한 내화도료의 촉진시험방법을 제안하고 있다. 그 내용은 내수성시험, 동결융해시험, 고습도환경시험, 염수분무시험의 개별시험과 폭로시험(1.5년까지의 확인, 10년 재령까지의 계획)으로부터 옥내용, 옥외용의 촉진열화시험을 제안한 것이다.		
28	1999	내화도료의 발포성상에 영향을 미치는 각종 요인의 검토	近藤외 2인 (일본건축연구소)	일본건축학회대회 학술강연경계집1999 pp. 623~624
		철판의 두께 및 막두께를 변화시켜 1시간의 가열시험을 행하였다. 두께가 다른 4종류의 철판에 내화도료(수입시판품)를 도장한 것을 공시체로서 가열종료 후의 발포막을 측정하고 발포막의 단면형상을 관찰한다. 막두께와 발포두께 및 발포배율의 관계를 검토한 결과 막두께를 두껍게 하면 발포배율이 적게 된다. 또한 내화도료를 도장한 강관을 사용한 열용량시험결과와 상기의 실험결과를 비교검토하였다.		
29	1999	열용량시험을 토대로 한 강재치수별 내화피복 두께의 결정(내화도료를 사용한 경우)	近藤외 2인 (일본건축연구소)	일본건축학회대회 학술강연경계집 (중국)1999 pp. 3~4
		내화도료로 피복된 기둥의 열용량시험을 실시( $H_p/A : 57.7 \sim 186.4$ )하고, 필자 등이 제안한 $H_p/A$ 와 피복두께와의 관계식의 타당성을 파악하고 그 양호성을 확인하였다. 그러나 형상종류(H형강, 각형강관기둥 등)가 상이한 경우는 별도로 평가할 필요가 있는 것을 확인하였다.		
30	1999	내화도료를 도포한 각주강관기둥의 온도 예측법	原田(경도대)외 2인	일본건축학회대회 학술강연경계집 (중국)1999, pp. 5~6
		5종류의 내화도료를 사용하여 내화도료의 특성파악 및 해석방법을 검토 300×300mm의 시험체에 내화도료를 도포한 평판시험과 각형강관시험을 실시하여 기둥시험체의 결과로부터 단열설계상 유효한 발포배율을 산정하고 실측의 평균발포배율과 비교한 결과, 약간 작은 결과가 나타났다. 이 유효발포배율을 사용하여 온도상승예측을 행하여 안전측으로 평가할 수 있는 것을 확인하였다.		
31	1999	철골용 내화도료의 내구성 평가 시험방법에 관한 연구	永田(日本페인트)외 4인	일본건축학회 구조계논문집, 제523호 1999. 9, pp. 149~156
		해외에서는 내화도료의 내구성시험방법이 이미 규격화되어 있다. 해외품의 내화도료를 사용하여 각종촉진시험(내수성, 내습성, 촉진내후성, 내야황산가스성) 및 폭로시험을 실시하여 열화후의 내화성능을 검증함으로써 고온다습이라는 일본의 특성을 고려한 내화도료의 내구성평가시험방법을 제안하였다. 또한 시험결과로서는 내화도료의 내구성에 영향을 미치는 환경인자가 주로 내수성인 것, 상도층의 기능에 의하여 양호한 내구성을 나타내는 것을 확인하였다.		
32	1999	기능성도료에 관한 기대와 과제	近藤(清水建設)	건축기술 시공 1999. 9, pp. 62~64
		종래 미장성이 주목적이었던 도료는 바탕재에 대한 보호라는 목적이 강하게 인식되었고, 기능성도료는 도장함으로써 바탕재가 없는 고도한 혹은 특수한 기능을 부여하는 기능을 부각시켜 그중의 하나로 내화도료를 소개하고 있다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
33	2000	강구조의 내화피복과 성능	大橋(타케나카공무점) 외 2인	일본건축학회 대회 학술강연경계집 2000, 9, pp. 135~136
		내화피복의 열정수는 강재온도를 좌우하고, 특히 열전도율의 영향은 크고, 데이터의 축적도 행하여지고 있다. 본 보고는 강재온도예측에 사용하는 열전도율을 가열실험으로 얻어진 강재온도 등으로부터 간이한 방법으로 도출한 것이고, 가장 사용빈도가 높은 록울을 실시한 강구조부재에서의 가열실험으로 얻어진 온도를 약식으로 대입하여 피복재의 열전도율을 추정하였다. 이 추정치를 사용하여 철골부재의 약산식은 철골온도를 약간 안전측으로 예측할 수 있었다.		
34	2000	내화도료-ISO834 유로코드(안)에 준거한 내화 성능시험	岡외(건축연구소) 1인	일본건축학회 대회 학술강연경계집 2000, 9, pp. 51~54
		JIS A 1304 표준시험체를 사용하여 ISO834에서 규정하는 적재가열실험을 실시하였다. 또한 적재가열실험결과와 판정온도를 비교하여 안전측인 것을 확인하였다. 열용량시험을 실시하여 단면형상계수(Hp/A)와 건조도막두께의 관계를 회귀식으로 구하였다.		
35	2000	열용량으로부터 본 강구조의 내화성능	近藤외 2인 (일본건축연구소)	일본건축학회 대회 학술강연경계집 2000, 9, pp. 55~58
		3종류의 내화재(경량칼슘판, 뿔철 RW, 내화도료)를 사용하여 강재의 열용량설계법의 타당성을 검토하기 위하여 각내화재별로 Hp/A와 피복두께의 관계식을 구하였다. 강재의 형상(H형강, 각주강관 등)이 달라지게 되면 Hp/A가 동일하여도 상이한 결과가 되어 통합적인 피복두께와의 관계를 구하는 것은 어려웠으나, 형상을 한정하면 Hp/A의 방안은 실로 유효한 방법이다.		
36	2000	철골용내화도료의 내구성에 관한 연구 (제1보, 5년간의 폭로시험결과)	永田(日本페인트)	일본건축학회 대회 학술강연경계집 2000, 9, pp. 137~138
		타이카리트를 300×300 3,2mm강판에 도포한 시험체를 표준환경과 고온다습한 환경을 선정하여 시험체를 폭로하였다. 폭로 후의 외관관찰 및 가열시험을 실시하였다. 그 결과 상도를 미시공한 경우는 크랙의 발생빈도가 높고, 크랙이 많으면 내화성능의 저하 및 가열중의 발포층의 탈락이 발생할 위험성이 있다. 상도시공한 경우는 폭로기간 5년간에 있어서 외관 및 내화성능의 문제는 없었다.		
37	2001	일반인정을 취득한 철골내화도료	永田(日本페인트)	일본건축학회 대회 학술강연경계집 2001, pp. 207~210
		구법 38조 일반규정을 2000년에 6개사가 취득하였다. 인증취득까지의 시험결과와 운용에 대한 개설로서, 기동 및 보에 재하가열시험을 실시하고 강재의 고온인장시험으로부터 설정한 판정온도(예를 들면 기동부재에서는 550℃등)실재의 좌굴온도에 적합성을 확인하였다. 또한 열용량시험을 실시하여 Hp/A와 필요도막두께와의 관계를 구하였다. 축진 내구성시험, 시공, 유지관리방법에 관하여도 설명하고 있다.		
38	2001	내화도료의 개발과 가능성 (일본의 내화도료의 현황과 향후의 전망)	遊佐(일본건축연구소)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 36~39
		화재 시에 철골을 보호하기위하여 내화도료의 각종 성상이 명확하게 되고 그 응용방법이 파악되어 가고 있다. 그러한 결과를 통하여 내화성능평가법이 ISO 834의 재하가열 시험법에 준거한 열용량시험에 의한 평가와 더불어 실제의 건물에 합리적으로 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 제외국 특히 유럽에서는 내화피복으로서 일반적으로 사용의 실적이 있으므로 향후 일본에서도 내구성능의 확인 후 보급되어질 것으로 사료된다.		
39	2001	내화도료의 개발과 가능성, 설계자로 입장에서 고려한 내화도료에 대한 기대	近藤(아마시타설계)	월간건축마감기술 2001. 6 pp. 40~41
		15년 전 대삼벨포트라는 대규모재건계획에서 당시의 건축기준법 38조에서 대신인정 등의 특인을 받고, 내화도료를 사용하였다. 2000년 일본 국내 도료메이커 4사가 전술한 바와 같은 38조의 일반인증을 취득하고, 일반의 내화피복재와 동등하고 간편하게 사용가능하게 된 것은 설계자입장에서 매우 환영할만한 일이다. 그러나 일반의 도료와 상이한 점은 열화가 강재의 부식만이 아니고 화재 시의 내화성능에 영향을 미치므로 설계자, 메이커 시공자뿐만 아니라 건축주도 내구성능에 관하여 인식을 하여야만 한다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
40	2001	내화도료의 기대와 과제	大内(카지마건설)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 42~43
		<p>구 건축기준법 38조와 관련하여 일반인증을 취득한 내화도료의 기대와 향후의 과제에 대하여 서술하였다.</p> <p>1) 옥외용으로의 일반인정의 과제 2) 보다 높은 내화성능 3) 시공의 용이성 4) 유지관리체제의 확립 5) 환경문제와 리사이클</p>		
41	2001	내화도료의 개발과 가능성 내화도료의 일반인정과 그 보급	常田(日本강구조협회) 외 1인	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 44~47
		<p>2000년에 일본국내 도료메이커 4사 등은 구 건축기준법에 의한 내화도료의 일반인증을 개별로 취득하였다. 2년 후에는 새로운 법령에 따르기 위하여 취득메이커를 주제로 한 협의체에 의한 시장 대응을 추진하였다. 인정의 조건은 강 구조, 옥내용 1시간내화에서 육안검사가 가능한 부위를 대상으로 하여 품질관리, 시공관리, 및 유지관리를 규정하고 있다. 공작기관에 의한 ISO834에 준하여 최대도막두께와 최소도막두께에서 재하가열시험을 실시하고 있다.</p>		
42	2001	내화도료의 개발과 가능성 내화피복공사의 기술을 토대로 내화도료에서도 실적을 확보하고 있는 발포내화도료 『SK타이거코트』	重野(SK화연)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 48~49
		<p>발포형내화도료 『SK타이거코트』는 2000년 구 건축기준법 38조의 일반인증을 취득하였다. 내용은 1시간 내화성능이 있는 내화피복재이다. 채용조건은 옥내로서 보이는 곳(메인터넌스가 가능한 부위)이 필요하고, 기동(H형 □형)만이 대상이고, 보의 인정은 현재 신청 중에 있다. 종래의 동종재료에 비하여 얇은 도막으로 복잡한 디테일에 대응할 수 있고, 착색이 자유롭고, 우수한 의장성이 발휘되며 진동, 충격에 파괴되지 않고 시공 후 미진이 발생하지 않는 특징이 있다.</p>		
43	2001	국내에 가장 빨리 도입되어 실적을 축적한 발포형내화도료 『나리화이어 시스템S』	岡(화공기상사)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 50~51
		<p>화공기상사(주)는 발포형내화도료 『나리화이어 시스템S』를 13년 전에 영국으로부터 도입하였다. 종래 내화도료에 관하여는 건축기준법에 의한 개별인정이 필요하였으나, 2000년 5월에 일반인증을 취득하여 폭넓은 적용이 가능하였다. 상기시스템은 강재의 부재치수에 의하여 도막두께가 1~4mm정도로 도막두께가 매우 얇다. 1시간 내화성능으로 옥내용이고 베이스코트는 일액형이고, 에어레스 스프레이, 칠술, 롤롤러 등 시공이 가능하고 시공 시의 온도습도 조건은 일반도장과 동등하다.</p>		
44	2001	내화도료의 개발과 가능성 부식방지과 마감까지 완전하게 수계화를 실현한 수계발포형내화도료 『웨스터』	近藤 (키구스이화학공업)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 52~53
		<p>수계발포형내화도료 웨스터는 2000년 구 건축기준법 제38조의 일반인증을 취득한 것으로 일반의 내화피복재와 마찬가지로 기동과 보부분에 널리 이용될 수 있다. 동도료는 수계인 것이 가장 큰 특징으로서 바탕의 부식방지, 주재, 마감재까지 완전히 수계화를 실현하여 환경을 배려하고 있다. 도막두께는 1~5mm까지 가능하고 가열 시의 내화성능이 안정하고 건조성, 내구성이 좋다. 재료판매는 행하지 않고 책임시공에 의하여 시공하고 유지관리하도록 하고 있다.</p>		
45	2001	내화도료의 개발과 가능성 높은 내화성능과 도장성능으로 철골의 장성을 단기간에 달성한 발포형내화도료 타이카리트 S-100	永田(日本페인트)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 54~55
		<p>발포형내화도료 타이카리트S-100은 2000년 건축기준법 38조의 일반인증을 취득하였다. 옥내용으로서 1시간내화의 범위이다. 양호한 마감외관과 후막도장이 가능하며 건조가 빠르고 박막설계가 가능하므로 단기간의 시공이 가능하다. 강재에 대한 부착강도도 높고, 지진 등에 의한 탈락의 문제가 발생하기 어려운 특징이 있다. 유기계의 약용제형의 도료로 현장시공 및 야드도장도 가능하며 강재사이즈에 따라 시공도막두께가 변한다.</p>		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
46	2001	독일의 시공실적으로부터 경험한 노하우를 활용한 발포형 내화도료	和氣(후루가와테크노머티리얼)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 56~57
		발포형내화도료(유니셀)는 독일에서 30년 이상 전에 개발되어, 현재까지 다수의 실적을 확보한 도료이다. 무기계의 내화제에 비하여 미관이 우수하고 강재형상을 잘 살릴 수 있는 디자인이 가능하므로, 아트리움 등 철골노출부위에 대한 내화피복재로서 실적이 많다. 국내에서는 2000년 1시간내화의 건설대신인정을 확보하였다. 시공은 책임시공으로서 통상은 공사에서 바탕처리, 지정프라이머 도장의 강재를 현장에서 조립한 후에 에어레스 스프레이 등을 사용하여 도막두께 측정을 행하면서 설계두께까지 도포하고 마지막으로 도막보호의 탑코트를 행한다.		
47	2001	내화도료의 개발과 가능성 발포형내화도료 『미쓰이그라트S-100』	田畑(미쓰이금속도료화학)	월간건축마감기술 2001. 6, pp. 58~59
		발포형 내화도료 『미쓰이그라트S-100』은 구 건축기준법 38조에 따라 일반인증을 취득하였다. 도막두께의 범위는 1~3mm로 피도물의 강재의 부위, 형상, 사이즈에 의하여 계산으로 결정한다. 방청처리에는 표준시방 이외에도, 징크리치도료의 1차프라이머, 상도는 아크릴실리콘도료 등으로 구성된다. 또한 발포탄화층을 방내화에 응용한 상품은 많고, 당사에서는 목적과 용도에 따른 본상 및 시트상의 성형품 및 실란트 등의 충전재로서 제공하고 있다		
48	2001	내화도료(국토교통성인증)데이터시트	-	월간건축마감기술 2001. 6 pp. 60~62
		내화도료로서 인증되어 있는 6개사의 상품에 대한 데이터베이스(인증번호, 내용, 성능 및 특징 등)를 게재하였다.		
49	2002	각형강관기둥의 재하가열시험 및 고온인장시험	大貫(일본건축연구소)	일본건축학회 학술강연경계집 2002, pp. 37~38
		2000년 건축기준법의 개정에 의하여 내화성능검증법의 적용에 의한 피복두께의 설계가 가능하게 되었다. 표준강재 □300×300 9mm이내의 형상의 강재 내화시험은 열용량시험으로 행하여지는 재하가열시험의 데이터가 매우 적다. 그렇게 때문에 □400×400 19mm의 강재를 사용하여 다음의 조건에서 재하가열시험을 행하였다. 내화도료 1.2mm, 없음, 축력비 0.3~1.0		
50	2002	일반인증된 철골용발포형내화도료	永田(日本페인트)	도장과 도료 2002. 2, pp. 21~28
		법규개정에 의한 내화도료사용의 일반인증화에 따라 철골건축물 등의 의장성을 고려한 내화도료의 보급이 시작되고 있고, 이 용도를 위한 자사용 발포형내화도료와 사용법 등을 소개하였다. 발포재, 탄화재, 반응촉매, 결합재, 안료 등으로 구성되는 내화도료구성, 내화기구, 도장시방, 시공법 등을 설명하였다. 또한 도막두께 관리, 내화성능과 열용량 시험 및 축진내구성시험법, 유지관리법 등을 설명하였고, 시행 예를 소개하였다.		
51	2002	수성열발포형 방화도재 『제리코FP모엔코트』	高市(항화화학공업)	도장과 도료 2002. 9, pp. 27~30
		제리코FP모엔코트는 박막형 열발포형방화도료이고, 이것에 발포실리카비즈를 혼입하여 각종의 마감패턴을 가능하게 한 의장성열발포형방화도재가 제리코월모엔사하라이다. 발포형방화도료는 박막도료타입의 내화피복재이고, 화재시에 열을 받으면 도막표면이 약 40~50배로 발포하여 탄화층을 형성하며 장시간 내화성능을 유지하여 구조체를 고온으로부터 보호한다. 종래의 내화재에 비하여 박막이므로 색채와 의장성이 우수하다. 제품성분, 발포기구, 소방법 등에 의한 방화성능, 제품개요, 용도, 표준시공공정 등을 소개하였다.		
52	2003	발포성내화도료의 내화성능평가	山本(SK화연)외 4인	일본건축학회 학술강연경계집 2003 pp. 147~150
		강재의 재하가열시험, 열용량가열시험의 결과로부터 강재단면형상계수와 피복두께와의 관계를 나타내고 내화성능을 평가하는 방법이다. 건축연구소가 개발한 주재(베이스코트) 건조도막산정식을 사용하여 1시간 내화성능을 갖는 내화도료의 피복두께를 강재치수에 따라 설정하는 평가방법의 타당성을 조사하여, 강재의 형상, 크기에 따라 각각 보정을 행할 필요가 있는 것을 확인하였다.		
53	2003	발포성내화시트의 개발	大内(카지마건설)외 3인	일본건축학회 학술강연경계집 2003 pp. 193~194
		내화시트 3mm두께, 가열시의 균열발생방지대책을 실시하여 기동1시간 인정시험을 취득한 사례를 설명하였다.		
54	2003	내열, 내화, 차열기능성도료의 평가와 신전개	本橋(일본건축연구소)	도장기술 2003. 7, pp. 57~62
		내열, 내화, 차열의 기능성도료의 바른 정의를 토대로 상세한 도료의 특징, 분류 및 향후의 과제에 대하여 소개하였다		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
55	2003	수성열발포형 방화도료의 기능특성과 적용사례	山形(항화화학공업)	도장기술 2003. 7, pp. 78~82
		수성의 방화도료로서 종래의 내화피복재(목월 및 내화보드 등)에서는 기대할 수 없었던 두께(0.3~0.5mm정도)로 일반도료와 동등한 색채 및 의장성을 기대할 수 있는 자사의 상품을 소개하였다.		
56	2003	신건축기준법에서 인가된 철골용 발포용내화도료	永田(日本페인트)	방청관리 2003. 7, pp. 30~35
		철골용 발포형 내화도료는 통상 1~3mm로 도막인 것이 20~50배 발포하여 단열층을 형성함으로써 철골을 도료로부터 보호하고 철골의장을 살릴 수 있는 설계가 가능하여 해외에서 보급된 기술이나, 일본의 전 건축기준법에서는 철골의 허용온도가 350℃이므로 고온내력이 높은 건축구조용 내화강(FR강)과 복합하여 1~2mm의 박막으로 건축기준법 38조의 특수인가로 적용되었다. 그 후 시험방법의 국제조화를 도모하기 위하여 구법38조 일반인정에서 1시간 내화를 취득하였으나 옥내용으로 한정되었다. 금회 신건축기준법의 새로운 정립에 따라 한정조건이 제외되었다.		
57	2004	내화도료를 사용한 H형강기둥의 2시간 적재가 열시험(제1보)	岡(화공기상사)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2004. 7, pp. 51~52
		내화도료는 유럽을 근간으로 하는 해외에서는 실적도 많으나 일본의 경우에는 종래에는 1시간의 내화인증만이 있었고, 최근의 시장의 요구로부터 2시간 인증취득을 위하여 예비실험을 실시하여 1시간 인증의 1.3mm의 피복두께를 3.75mm로 증가시킴으로써 H형강 기둥의 1시간 재하가열시험의 규정을 만족시킬 수 있었다.		
58	2004	의장성이 우수한 내화피복재 발포성내화도료 SK타이카코트	SK화학연구소	FINEX Vol. 16 No. 93, 2004. 3, pp. 32~35
		발포성내화도료피복재인 표기상품을 소개하였다. 통상시에는 일반의 도료와 마찬가지로 의장성이 있으며, 화재 시에는 가열됨으로써 20~30배로 발포하여 탄화층을 형성함으로써 화재로부터 강재를 보호할 수 있다. 하도재(방청도료), 주재(가열 시에 발포하여 단열층을 형성), 상도재(의장성, 내구성의 첨가)로 구성된다. 주재는 화재 시에 도막온도가 250℃~350℃로 된 시점에서 주성분인 폴리인산암모니움이 분해하고, 탄화재와 결합함으로써 탄화층을 형성함과 동시에 발포재가 분해하여 수증기, 탄화가스등을 방출하고, 탄화층을 발포시킨다.		
59	2006	내화도료를 사용한 각형강관기둥 2시간 적재가 열시험(제2보)	岡(화공기상사)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2006. 9, pp. 97~98
		제1보에 이은 연구로서 각형강관에 의한 1시간 재하가열실험을 실시하여 H형강기둥과 동일한 피복두께로 규정을 만족할 수 있었다.		
60	2006	내화도료를 사용한 각형강관기둥 2시간 적재가 열시험(제3보)	岡(화공기상사)외 4인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2006. 9, pp. 135~136
		제2보에 이은 연구로서 H형강에 의한 2시간 재하실험을 실시하여 규정을 만족할 수 있었다.		
61	2006	수계발포성내화도료의 성능평가(1)	山本(태평양머티리얼) 외 3인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2006. 9, pp. 139~140
		내화도료를 시공함에 있어서 강재의 열용량의 개념을 도입한 합리적인 내화피복설계를 행하는 것이 제외국에서 일반적으로 많이 사용되고 있다. 건축연구소제안의 식을 사용하여 민간의 내화도와 지정성능평가기관 공히 중회귀분석을 사용한 결과 높은 중회귀계수를 나타내는 도막두께 추정식을 도출할 수 있었다.		
62	2006	내화도료를 사용한 H형강 소단면기둥의 재하가 열시험(제4보)	山本(태평양머티리얼) 외 3인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2006. 9, pp. 141~142
		제1보에 이어 H형강의 표준강재이하의 소단면강재에서의 1시간 재하가열시험을 실시하여 규정을 만족할 수 있었으며, 넓은 범위에서의 실용성을 확인할 수 있었다.		
63	2006	내화도료의 복층내화도막시스템의 유효성에 관한 실험적 연구	山本(태평양머티리얼) 외 2인	일본건축학회대회 학술강연경계집 2006. 9, pp. 143~144
		내화도료는 1종류로서 내균열성과 고발포성능이라는 상반된 특성을 양립시켜야만 하는 소재로서, 고 발포타입, 내균열 타입의 시스템으로 도장함으로써 내균열성과 고단열성능을 겸비한 발포층을 얻을 수 있었으며, 내화성능의 향상을 기대할 수 있다.		

No	발행 년도	타이틀	저자	출전
64	2006	건축마감용 발포성 내화도료의 성능	永田(日本페인트) 외 5인	일본건축학회대회 학술강연계집 2006. 9, pp. 39~42
		건축연구소재안식을 사용하여 1m 각주와 막두께를 산출하여 4종류의 1시간 인정을 취득한 내화도료를 사용하여 열용량 시험을 실시하였다. 강재온도는 비재하시험의 판정기준, 평균의 최대치 350°C이하, 최고 450°C이하로 구별하면 4사중 3사가 약간 상회하고 있고, 지금까지의 재하가열시험결과에서는 거의 모두가 500°C이상에서 붕괴가 발생하고 있었기 때문에 대단면강재기둥에서도 안전성을 확인함		
65	2007	각종상도 및 하도재를 사용한 발포성내화도료의 내화성능	山本(태평양머티리얼) 외 1인	일본건축학회대회 학술강연계집 2007. 9, pp. 57~58
		내화도료의 하도재 7종류, 상도재 6종류를 조합하여 내화시험을 행한 결과, 하도에 있어서는 성능에 영향을 미치는 것은 없었다. 상도재에 관하여 도막이 남는 것에 관하여는 최고온도의 저하가 있었고 내화성능이 향상하는 케이스가 있었다.		
66	2007	내화도료를 사용한 H형강 소단면기둥의 재하가 열시험(제4보)	岡(화공기상사)외 2인	일본건축학회대회 학술강연계집 2007. 9, pp. 59~60
		제보에 이어 H형강에서 표준강재이하의 소단면강재에서의 1시간 적재가열시험을 실시하여 규정을 명확하게 할 수 있었으므로 넓은 범위에서 실용성을 확인할 수 있었다.		
67	2007	발포성내화도료	藤原(SK화학연)	콘크리트공학 Vol 45, No. 9, 2007. 9, pp. 115~119
		내화도료의 특성, 성능기준, 시방 등을 통하여 내화도료에 대한 전반특성, 열용량시험결과를 사용한 건조막두께의 산정식의 해설, 유지관리의 방법까지 개설하였다.		
68	2007	철골용내화도료의 내구성에 관한 연구 (10년간의 폭로시험결과)	永田(日本페인트)	일본건축학회대회 학술강연계집 2007, pp. 47~50
		타이카리트를 300×300×3.2mm강판에 도포한 시험체를 표준환경과 고온다습환경을 선택하여 시험체를 폭로하고, 폭로 후의 외관관찰 및 가열실험을 실시하였다. 상도미시공의 경우, 크랙의 발생빈도가 높고, 크랙이 많으면 내화성능의 저하 및 가열중 발포층의 탈락이 발생하는 위험성이 있다. 상도시공의 경우에는 폭로기간 5년간 외관 및 내화성능에 문제는 없었다.		

## 2.2 대한건축학회 및 일본건축학회의 내화도료에 관한 시방서 조사

한일 양국의 내화도료에 대한 시방서를 분석하고자 한국의 경우에는 건축공사표준시방서부분의 내화도장공사를 참조로 하였고, 일본의 경우에는 지난 3보에 걸친 일본 건축마감학회의 시방서에 이어 일본건축학회의 시방서를 조사하여 비교분석함으로써 국내의 내화도료에 대한 향후의 과제로 삼고자하였다.

### 2.2.1 대한건축학회의 건축공사표준시방서의 내화 도장공사시방서 내용

1) 시공 시 온도는 5~40°C에서 시공되어야 하며, 도료가

칠하여 지는 표면은 이슬점보다 3°C 이상 높아야 한다.

- 2) 강우강설을 피해야 하며, 특히 중도시공 시 충분히 건조되기 전에는 수분이나 습기와와의 접촉을 피하도록 하여야 한다.
- 3) 시공 장소의 습도는 85%이하, 풍속은 5m/s 이하에서 시공하여야 한다.
- 4) 도료는 일반도료 등 다른 재료와 혼합사용을 해서는 안 되며, 생산공장에서 완제품으로 공급된 것만을 사용하여야 한다. 도장 전에 도료상태가 균일하게 될 때까지 충분히 교반한 다음 사용하여야 한다.
- 5) 하도용도료가 완전히 건조된 후 중도용도료를 에어 리스 스프레이 등 도장방법으로 도장하여, 건조 후 도막의 두께가 공인시험기관에서 인정한 두께 이상

이 되도록 하여야 한다.

- 6) 에어리스 스프레이 도장 시 피도체와의 거리는 약 300mm 정도로 유지하여 피도면에 항상 직각이 되도록 하여 도장하여야 하며, 스프레이의 이동속도는 500~600mm/sec 정도로 하고 먼저 도장된 부분과 중첩되도록 도장하여야 한다.
- 7) 상도용 도료를 도장하는 경우는 중도용도료가 충분히 건조된 이후에 도장하여야 하며, 상도용 도료는 중도용 도료제조사가 추천하는 도료를 도장하여야 한다.
- 8) 작업 중에는 습도막두께 측정기수, 건조 후에는 검교정된 건조도막 측정기를 사용하여 도장두께를 측정하여야 한다.
- 9) 도료는 용제나 기타 화학물질이 함유되므로 저장, 취급, 도장 및 건조를 위하여 적절한 건강과 안전에 관한 주의를 기울여야 하며, 특히 눈 및 피부보호를 위하여 보호장구 등을 착용하여야 한다.

상기의 1)~9)에 이르는 내용이 국내 건축공사표준시방서의 내화도장에 대한 시방서로서 매우 내용이 함축적으로 되어 있으므로, 그 의미하는 바가 이해하기 어렵고 특히 연구실적물들과의 관련성도 적은 것으로 사료되므로, 이에 대한 체계적인 수정보완이 시급한 것으로 판단된다.

### 2.2.2 일본건축학회의 시방서 내용조사

#### 1) 재료 및 시공기계

##### ① 재료

– 구조용철골의 내화피복을 목적으로 시공되는 내화도료는 건조막두께가 1~3mm로 종래의 내화피복에 비하여 얇고 의장성이 요구되는 부위에 적용되어, 일반적으로는 1시간 정도의 내화로서 사용되는 것이 많다. 화재에 의한 주변온도가 약 250℃로 상승하면 도막이 발포하여 건조막 두께의 수십 배로 용적이 팽창하여 단열층을 형성한다.

도장시방은 바탕조정, 하도, 내화도료도장, 상도로

구성되어 내화도료의 주성분은 <표 3>에 나타난다. 내화도료는 교통대신(장관)의 인정을 취득한 것으로 인 정조건에 부합한 것을 사용하여야 한다.

##### ② 시공기계

– 내화도료의 시공에는 내화성을 확보하기 위한 균일한 막두께와 의장성을 위하여 마감외관이 요구되고, 일반적으로는 압송기, 압송호스 에어레스건 등으로 구성되는 에어리스 도장기를 사용한다. 압송기로부터 에어리스건까지는 내경 16mm정도의 내압호스로 연결되어 에어스프레이건의 뿔칠노즐에는 도료의 막힘이 제거되도록 칩을 사용한다.

표준적으로는 1일 1회의 시공으로 하고, 기계 1대당 시공능력은 재료사용량으로서 60~105kg/일, 시공면 적으로서 40~70m<sup>2</sup>/일이다. 또한 에어레스 도장이 시공 불가능한 부분 및 협소한 부분은 칩솔 또는 로울러 등을 사용하여 도장한다.<사진 1, 2>

[표 3] 내화도료의 주성분

성분	사용되는 원재료
발포제	폴리인산암모늄, 인산암모늄, 인산멜라민, 멜라민, 요소
탄화제	다가알콜, 텍키스트린, 당류
수지	아크릴수지, 에폭시수지, 우레탄수지
안료	백색안료, 산화치탄, 체질안료, 착색안료
용매	유기용제, 물

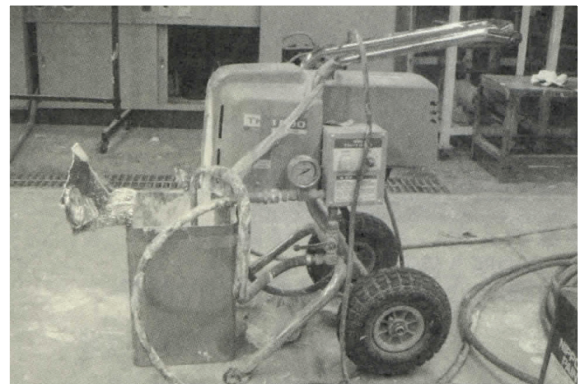


사진 1. 내화도료의 도장장비

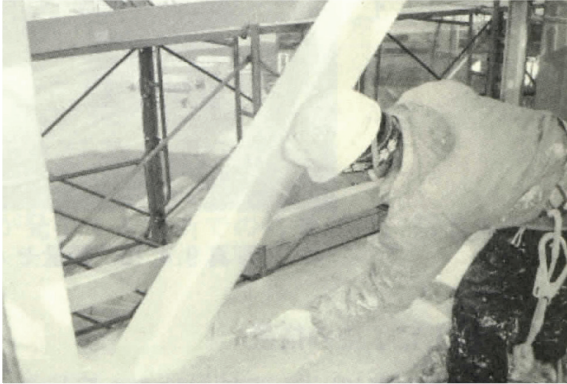


사진 2. 내화도료의 뿔칠작업

## 2) 시공 및 시공관리

철골의 바탕조정 및 하도도장(부식방지도장)은 철골제작공정으로 행하여 현장에서의 철골이 종료한 후에 내화도료를 에어레스도장기 칠술 또는 로울러를 행하고, 인정도막두께로 될 때까지 도포한다. 또한 내화도료가 건조한 후 상도를 하여야 한다.

내화도료도장과 상도를 공장에서 시공하는 경우도 있으나, 현장시공에 비교하여 경화도막의 손상 및 용접개소 및 고력보울트 접합부에 대한 공사현장에 있어서 보수가 증가한다.

### ① 바탕재조정 및 하도도장

- 철골의 바탕재조정 및 하도의 도장은 공장제작편(부식방지도장)에 준한다.

바탕재조정 및 플라스타 처리를 채용하고, ISO Sa 2.5(SSPC SP-10) 까지 방청한다.

하도의 도료는 JASS 18에 준하여 징크리치플라이머를 도포하고, 그 위에 2액형 에폭시수지 프라이머 또는 변성 에폭시수지 프라이머를 도포한다.

### ② 운반 반입

- 하도의 운반 반입한 철골의 운반 반입은 공장제작편에 준한다.

### ③ 현장 반입된 철골의 하도도장의 확인

- 현장 반입된 철골에 인정취득된 내용으로 지정된 바

탕재조정과 하도도료가 시공되는 것을 철골제작공장의 출하증명서 등으로 확인한다. 또한 지정 이외의 바탕재조정과 하도도료가 실시되어 있는 경우에는 재시공한다.

변성에폭시수지 프라이머는 공정간극시간에 제한이 있고, 규정의 상한을 넘는 경우에는 층간박리를 방지하기 위하여 P80-100 연마지를 사용하여 하도도막의 면을 정리한 후 내화도료를 도포한다. 또한 내화도료는 아연도금강부재에도 적용 가능하고, 그 경우에는 아연도금강면용의 변성에폭시 수지프라이머를 하도한다.

### ④ 공사현장 접합부 및 하도도막 손상부처리

- 하도도료가 도장된 철골은 현장에서 조립이 완료된 후 하도도막손상부의 보수 및 현장접합부의 바탕재조정 및 하도도장을 실시한다.

### ⑤ 하도도막의 두께확인

- 내화도료의 도장에 선행하여 도장된 하도도료의 도막두께를 동시 시공된 시험편으로 측정한다.

### ⑥ 도료의 현장반입 보관

- 도료의 현장 반입과 도료의 보관은 별도의 시방에 따른다.

### ⑦ 비계

- 비계는 별도의 시방에 따른다.

### ⑧ 내화도료의 도장작업

• 도장기계의 점검  
- 내화도료의 도장에 선행하여 에어리스도장기를 적용하는 경우에는 도장기를 예비운전하여 각부의 기능을 점검한다. 내화도료는 균일한 건조막두께와 마감외관이 요구되는 도료이므로 시공에 적용하는 호스 및 칩에 막힘이 없도록 정상인 패턴으로 뿔칠되는 것을 충분히 확인한다.

### • 내화도료의 도장

- 내화도료는 인증취득회사 또는 그 지정공사업자가 시

공한다. 내화도료를 에어리스도장기, 칠솔 및 로울러를 사용하여 인증도막두께가 될 때까지 도포한다. 1회 당 도포량은 에어리스도장기의 경우에 1500g/m<sup>2</sup>, 칠솔도장의 경우에 300g/m<sup>2</sup>, 에어리스도장기를 사용하는 경우에는 1일에 1회의 시공으로 건조도막두께가 500μm로 되도록 조정하여 인정도막두께가 될 때까지 도포한다. 칠솔로 도장하는 경우에는 1일에 3회 정도 시공하여야 하고 건조도막두께가 300μm가 되도록 조정하여 인정도막두께가 될 때까지 도포하여야 한다. 그 이상을 도포하면 내화도료의 도막이 건조불량이 되므로 과잉으로 시도하여서는 안 된다.

내화도료의 습윤도막두께 측정은 사진 3에 나타내는 웨트필름 시크니스게이지를 사용한다. 이 측정기구는 도장작업 중에 측정가능하고, 현장도장에서는 도료사용량의 관리와 병행하여 작업관리용으로 사용할 수 있다.

• 도장작업의 금지조건

- 경화도막의 성능은 도장 시의 기상조건에 크게 좌우되므로 도장작업의 금지조건에 준한다.

• 안전위생

a) 작업상의 주의

- 작업원은 보호구를 착용하고 비계를 사용할 때는 충분히 점검하여 안전기준을 준수한다. 또한 롤릴타워의 사용 시에는 손잡이를 완비하여야 한다.

b) 정리, 청소

- 안전통로를 확보함과 더불어 재료는 지정장소에 정리하여 보관한다. 사용도료와 폐기도료를 구분하여 폐기도료는 지정장소에 집적하여 작업종료 시에는 정리와 청소를 실시한다.

• 양 생

a) 도료의 비산방지

- 시공 시에 재료 등이 주변에 비산되는 것을 방지하고, 또한 풍우를 피하기 위해서는 필요에 따라서 작업구

분별로 시트 등으로 주변을 양생한다. 창유리 및 샷시 또한 다른 마감재로에 양생을 실시하고 바닥면은 시트로 보호한다.

b) 시공후의 양생

- 시공이 완료된 부분은 충격 및 우수에 의한 박리 또는 한랭시에 동결 등을 방지하기 위하여 외부를 보호하고, 필요에 따라서는 제트히터 등을 사용하여 난방한다. 도장이 종료된 후 도막이 경화되기 위한 필요한 시간은 기상조건 및 현장상황에 따라 상이하나, 완전 건조되기까지는 1개월 이상을 필요로 한다. 내화도료의 도장이 종료된 후는 손상을 받지 않도록 양생한다.

⑨ 품질의 확보

- 내화도료가 충분히 건조되면 <사진 4>에 나타내는 전자도막두께측정기를 사용하여 건조도막측정을 하고 규정의 건조도막두께가 확보되어 있는 것을 확인하여야 한다. 내화도료의 두막두께가 부족한 경우는 인정도막두께가 될 수 있도록 재도포하여야 한다. 도막의 관리기준은 3)내화도료시공후의 검사와 보정구에 준한다.

⑩ 상도시공

- 내화도료가 건조하면 도막측정을 하여 인정도막두께가 확보되어 있는 것을 확인한 후 상도도료를 에어리스도포기, 칠솔, 로울러를 사용하여 도포한다. 상도도

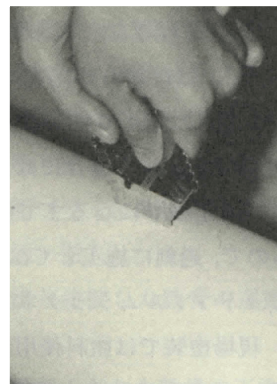


사진 3. 내화도료의 습윤도막측정

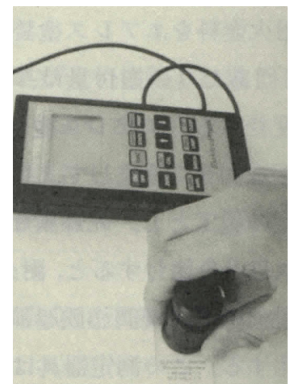


사진 4. 내화도료의 건조도막측정

료는 내화도료에 내구성과 의장성을 부여하는 재료이므로 얼룩지거나 칠하지 않은 부분이 없도록 도포하여야 한다.

⑩ 공장시공의 경우

- 내화도료 도포는 현장에서 시공되는 것이 일반적이므로 철골제작공장에서 내화도료와 상도가 시공되어 건조된 후에 현장으로 반입되어 시공되는 것도 있다.

이 경우에는 운반 및 반입 경화도막의 손상, 용접개소 및 고력보울트 접합부의 보수 등에 충분하게 주의하여야 한다. 또한 공장에서 도장강재의 설치방법에 따라 내화도료가 도장될 수 없는 부분은 현장에서 내화도료의 도장을 하여야 한다.

내화도료의 건조막두께는 1~3mm로 완전건조하는데에는 1개월 이상이 필요하고, 그 사이 공장 내에서 이동하는 경우에는 도막의 손상을 받지 않도록 충분히 주의하여야 한다.

3) 내화도료 시공후의 검사와 보정

내화도료는 강재의 두께 및 크기, 설정조건에 따라 도포하지 않으면 안 되는 도막두께가 상이하나, 인정된 도막두께를 필히 확보하여야 한다. 내화도료는 일반의 내화피복에 비교하여 박막이고 아래와 같은 엄격한 도막두께검사가 필요하다.

① 검사항목 및 검사방법

- 외관검사
- 도장면이 육안으로 보기에 도막에 현저한 손상이 없고, 손상부분은 인정도막두께가 될 때까지 보수한다.
- 막두께 검사

① 측정개소

- 측정개소는 1부재당 1단면(단 1부재에서 5m<sup>2</sup>를 넘는 경우에는 5m<sup>2</sup>당 1단면)으로 하고, 원형강재와 각형강재는 1단면별로 4개소, H형 강재의 기둥은 8개소로 하고, 보는 7개소로 한다. 대표적인 측정개소의 예는 다음 <그림 1> 과 같다.

4) 유지관리

상도는 옥외에서 폭로하면 그 종류 및 사용 환경에 의하여 열화가 발생한다. 도막의 열화가 내화도료의 도막까지 진행하지 않은 상태에서 상도의 보수 또는 재도장을 실시함으로써 내화도료의 내화특성을 장기간에 걸쳐 유지할 수 있다.

유지관리는 육안점검을 주체로 실시하여 점검은 일상점검, 정기점검 및 임시점검의 3종류로 한다.

- ① 일상점검은 건축물관리자에 의한 일상적인 육안관찰로 하고 내화도장된 철골부재의 주변 환경 및 내화도료의 열화 및 손상을 조기에 발견하는 것을 목적으로 한다.

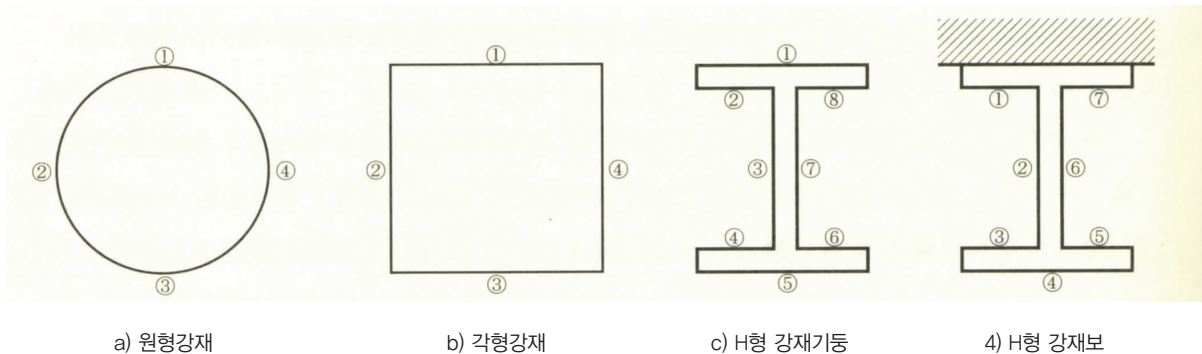


그림 1. 내화도료 도막두께의 측정개소

② 정기점검은 내화도료의 열화도를 판정하기 위하여 육안관찰에 의하여 실시한다. 점검주기는 1년에 1회로 하고 필요에 따라 내화도료를 샘플링하여 가열시험을 실시한다.

③ 시점검은 일상점검에 의하여 이상이 보고된 경우 및 해당철골부재가 침수, 지진, 화재 등에 의하여 영향을 받은 경우에 실시한다.

점검으로 발견된 결함부는 인정도막두께가 되도록 내화도료로 빨리 보수를 행하고 상도도료를 도포한다.

내화도료의 내구성을 확보하기 위하여는 상도를 정기적으로 재도포하는 것이 중요하고, 재도장의 주기는 상도도료의 내구성에 의하여 결정한다.

### 2.3 한국의 내화도료에 관한 연구동향과 시방서조사와 개선방향제시

일본의 경우 1951년부터 시작된 내화도료에 관한 연구는 주로 산업계가 리딩하였고, 일본건축연구소에서 전반적인 평가 및 시방기준 등의 작성을 수행한 것으로 조사되었다. 특히 제조업체의 경우에는 대형건설업체 등과 연대하여 장기 품질성능확보와 더불어 성능저하원인을 커버하려는 연구를 통하여 시방기준이 체계화된 것으로 판단된다.

또한 시방서의 내용에서도 일본의 경우에는 내화도료의 주성분과 시공순서, 시공기계, 시공 및 시공관리(바탕재조정, 하도도장, 운반, 반입, 하도도료의 확인, 접합부처리 및 도료의 현장보관)와 내화도료의 도장작업(시공장비의 점검, 내화도료의 도장, 도장작업의 금지조건, 안전위생, 및 양생) 품질의 확보방안, 내화도료 시공 후의 검사, 내화도료의 도막두께 관리기준, 시공완료 후의 검사방법 및 유지관리방법(일상점검, 정기점검, 임시점검) 등 구체적인 시방서의 내용이 수록되어 있다.

또한 건축마감학회의 경우에는 이와 더불어 이러한 내

용을 보다 구체적으로 정리하고 있으며, 별책본으로 하여 현장기술자들에게도 교육을 하고 있다.

이에 비하여 국내의 경우에는 아직 많은 연구보고가 이루어지지 않은 상태이며, 전문한 항목에 대한 면밀한 검토 없이 작성된 것으로 사료되고, 시방서에서 제시하고 있는 기준 등에 대한 근거가 불투명한 것으로 사료되는 등 많은 문제점이 있는 것으로 판단됨으로써, 향후 전문한 항목을 근간으로 한 구체적인 시방서의 구축이 절대적으로 필요한 시점이라고 생각된다.

### 3. 결론

국내의 경우 내화도료의 연구는 주로 제품소개와 내화 성능을 확인하는 정도의 미비한 수준이며 특히 시방서의 경우는 매우 문제점이 큰 것으로 조사되었다.

향후 국내 내화도료의 시방서의 내용으로 내화도료의 주성분과 시공순서, 시공기계, 시공 및 시공관리(바탕재조정, 하도도장, 운반, 반입, 하도도료의 확인, 접합부처리 및 도료의 현장보관)와 내화도료의 도장작업(시공장비의 점검, 내화도료의 도장, 도장작업의 금지조건, 안전위생, 및 양생) 품질의 확보방안, 내화도료 시공 후의 검사, 내화도료의 도막두께 관리기준, 시공완료 후의 검사방법 및 유지관리방법(일상점검, 정기점검, 임시점검) 등을 구체적인 내용으로 하여 이에 대한 재검토가 시급한 것으로 판단된다.

#### 참고 문헌

1. 권영진, 일본건축마감학회의 내화도료시공지침(안)·동해설의 소개와 향후계획(Ⅰ), 건축시공 제14권 제1호, pp. 43-47, 2014
2. 권영진, 일본건축마감학회의 내화도료시공지침(안) 동해설의 소개와 향후계획(Ⅱ), 건축시공, 제14권 제2호, pp. 74-75, 2014
3. 권영진, 일본건축마감학회의 내화도료 시공지침(안) 동해설의 소개와 향후계획(Ⅲ), 건축시공, 제 14권 제3호 pp. 40-61, 2014
4. 日本建築仕上学会, 耐火塗料の施工指針(案)同解説, 2010
5. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 2013
6. 日本建築学会, 鐵骨工事技術指針, 工事現場施工編, 2007