

철도차량 내장재의 국내 기술 현황

장기욱, 배동우

(주) 한국화이바 복합재료연구소

1. 개 요

우리나라의 철도차량은 1899년에 서울시 노면전차와 경인선 개통을 시작으로 금년으로 104 주년을 맞이한다. 그 동안 철강산업과 석유화학 산업 및 전자산업의 발달과 병행하여 짧은 시간 안에 괄목할 만한 발전을 이루었다. 초기의 스팀기관차와 목재형 객차의 도입시대로부터 발전을 가속하여, 이젠 700여대의 기관차와 수도권 및 지방 5개 도시의 지하철 등 10,000여 량의 여객열차와 시속 300km급의 고속열차 개통을 눈앞에 두고 있다. 한편, 동일분야 산업의 눈부신 발전에는 그간 각 분야에서 많은 사람들의 노고가 축적되어 이루어진 성과이며, 국내는 물론 수출강국으로 발돋움하는 현시점에서 단기에 고속성장을 이룬 이면의 예기치 못한 문제점을 차분히 다시 한번 분석·검토·보완을 할 필요가 있다고 생각한다. 지난 2월의 대구지하철 참사 이후 잔존차량에 대한 적절한 긴급대책을 수립해서 사고의 재발을 미연에 방지함은 물론, 우수 철도차량 강국으로서 거듭나서 세계로부터 인정받아, 국가 이미지 회복은 물론 승객의 안전과 국민민복에 일역을 할 수 있도록 연구와 개선과 사후대책에 최선을 다하여야 하겠다. 사실 덮어두고 싶은 심정이지만, 이러한 관점에서 본 고가 관련분야에 재고의 계기가 되고 또한 발전의 계기가 되길 기대한다.

2. 지난 30년의 경과

지난 30여년 동안 고속 성장한 산업발전과 병행하여 철도여객 수송분야도 그 규모가 커지고 고속화가 기본으로 되었으며, 또한 수송비 절감을 위하여 고강도·경량화가 이루어 졌고, 궤도는 터널화·지하화가 대규모로 이루어졌다.

철도차량에 사용된 소재면에서는 경량화를 위하여 차체는 연강재에서 고강도 스테인레스 스틸이나 알루미늄재료, 또 내장재는 역시 연강재나 알루미늄의 금속재에서 석유화학 제품인 불포화폴리에스터(UP)를 기질로 하여 유리섬유로 강화된 유리섬유 강화플라스틱(FRP)으로, 기타 폴리에틸렌(PE), 폴리우레탄(PU)과 같은 석유화학 제품이 대규모로 도입되었고, 이와 같은 가연성 플라스틱으로 말미암아 세계 각처에서 건물뿐만 아니라 여객 및 열차에서 불의의 대형화재 사고로 인해 많은 인명피해와 자산의 손실이 있어왔다.

최근의 가연성 소재 사용 관련 사고로서는 영국의 킹스크로스 지하철역에서의 화재사고(1987년 31명 사망) 이후로 충주호 유람선 화재사고(1994년, 29명 사망, 33명부상), 오스트리아에서 관광열차 화재사고(2000년, 172명 사망), 그리고 대구시 지하철 화재사고(2003년 191명 사망, 140명부상)등이었으며, 가연성 FRP로 인한 대형사고는 계속 이어지고 있다.

한편, (주)로템사로부터 초경량 불연재의 내장재 개발 요청을 받은 (주)한국화이바는 그 후 세계 정상급으로서 품질을 인증(영국규격 BS-6853) 받아, 2000년도부터 홍콩과 뉴델리, 아테네 및 광주시 등의 차량에 공급하게 되어, 철차 강국인 일본보다도 앞서게 되었다.

그러나, 국내 여객열차 1만여량 중 60% 가량이 가연성 내장재로 운행중이며, BS(영국)수준의 불연성 내장재의 국내규정은 아직도 개정 검토 단계로서, 차량 화재사고의 재발을 방지하기 위해서는 차량의 기술상의 문제점에 대한 재검토는 물론, 규정개정의 행정지원과, 침

체상대에 있는 관련산업분야의 정상화를 위해서도 당국의 정책 배려가 필수불가결한 시점이 되었다.

3. 기술분야의 현황

3.1. 기술의 기본 방향

여객철도 차량은 선박이나 항공기와 마찬가지로, 기본적으로는 고속으로 대량수송을 하여야 경제적이며, 그와 더불어 인명에 대한 안전성이 무엇보다 강조되고 있으며, 이를 위해 우수한 설계기술, 제조생산기술 및 적합한 소재선택이 이루어져야 할 것인바 그 고려사항은 다음과 같다.

1) 설계기술

- 수송기기의 고강도 경량화 및 고 내구성화
- 운송의 고속화와 여객의 고안락 및 고 승차감화
- 운송비와 운영비의 경감을 위해 제조비 및 보수 유지비의 절감화

2) 제조기술

- 주 소재가 철재에서 → 스테인레스 강재 또는 알루미늄재 → 복합소재로 발전
- 부품은 개별 조립에서 → 일체형 모듈화 → 양산화
- 사양과 검사기준은 지역화에서 → 국가 규격화 → 국제화로 발전

3) 내장재의 소재

- 고강도 고강성 초경량 복합소재의 적용 확대

(차량 전두부와 외피에는 고강도 경량화 구조, 내장재는 고 강성의 초 경량화 구조)

- 고품질 고 내구성과 고품위 우수한 미관의 추구

(우수한 내식성 및 내구성, 곡면의 자유도와 표면 가공의 미려도가 월등히 향상)

- 방재성능(F.S.T)의 향상과 단열 및 차음 효과의 개선

(내화 성능의 강화로 화염의 크기는 물론 확산속도와 연기밀도 및 독성가스의 엄격한 규제, 열전도율이 더욱 낮은 허니컴형 구조로 하여, 단열효과의 상승과 차음효과의 향상)

- 주변 부품과 일체형으로 모듈화,

(판재의 단순기능 외에 주변기기와 복합조립 즉, 냉난방 통풍기구, 조명 및 방송기구, 광고 판기능, 취부 조립 기구의 일체 매립화 등)

- 차량제조 조립인력의 성력화와 공기단축 등, 총괄 경제성을 동시에 추구

(알루미늄 판재의 경우는 절단·절곡·압출제와 끼움조립, 스크류로서 구체와의 결합등의 다단계 공정이 복합소재에서는 단순공정으로 변함)

표1. 국내 철도차량 내장재 난연재 관련 규격 (새마을호)

구 분		'92년 이후	'92년 제작	비 고
내 장 재	객실	FRP	FRP	FRP : 난연재 KS M 3015 자기소화성 이상
	복도 통로	MPAL	MPAL	MPAL : 불연재 (알루미늄 금속판 + 펠라민수지)
	화장실 세면실 소변실	고충격 플라스틱 (항공기소재)		고충격 플라스틱 : 난연재 FRP : 난연재 KS M 3015 자기소화성 이상
바닥재		염화비닐수지	염화비닐수지	염화비닐수지 : 난연재 KS M 3015 자기소화성 이상
창, 커튼		-	-	커튼 : 난연재 KS M 0508 난연처리
의 자	의자 커바지	폴리에스터 모켓트	폴리에스터 모켓트	폴리에스터 모켓트 : 난연재 KS K 0582, JIS Z 2150 방염 2급 만족
	쿠션	우레탄 폼	우레탄 폼	우레탄 폼 FMVSS 302 자기소화성 이상
벽, 천장 단열재		P.E FOAM	P.E FOAM	P.E FOAM : 난연재 KS M 3808 합격품
전선피복		가교폴리에틸렌 전선	가교폴리에틸렌 전선	가교폴리에틸렌 전선 : 난연재 KS C 3004 (5초이내 소멸)
전 선 관	차체하부	금속닥트	금속닥트	금속닥트 : 불연재
	객실내부	금속닥트	경질비닐 전선관	경질비닐 전선관 : 난연재 KS C 8431

표2. 국내의 난연·불연재 관련 규격

구분	'98년 이후	내 용
불연재	-	불에 타지 않는 소재
난연재	KS M 3015	열경화성 플라스틱의 일반시험 플라스틱 불연성 및 자기소화성의 정도, 착화후의 연소시간 및 연소거리를 나타냄 착화후 3분이상 불꽃이 꺼지지 않으면 가연성 자기소화성(스스로 불이 꺼지는 성질) 이상
	KS K 0580	직물의 방염도 시험방법 : 45° 경사법 시험편 끝이 45° 경사 착화시켜 연소시간을 측정 1급 : 정상적인 연소성, 2급 : 중간연소성, 3급 : 강연소성
	KS K 0582	직물의 방화도 시험방법 : 45° 경사법 파일, 기모, 기물을 방화도 시험기준으로 연소시간을 측정, 3초 이내
	KS M 3808	발포 폴리스티렌 보온재에 대한 규정 연소성은 양초 시험편에 착화시켜 불꽃이 꺼질 때 까지의 시간을 측정, 3초 이내
	KRS 2240-2212	차량용 순모 모켓트 방염성 시험규격 시험편에 착화시켜 연소후 불꽃이 없고 1분후에 연소가 존재하지 않아야 한다.
	KRS 2242-2435	폴리에스터 모켓트의 난연도 시험규격 직물의 난연도 시험방법(KRS K 0583)으로 측정한다. 1종 80이하
	KS C 3004	전기 절연전선의 난연성 시험규격 착화후 5초이내 자연소멸
	KS C 8431	경질비닐 전선판 자기소화성 이상

3.2. 품질 시험 기준

만일의 화재 시에 인명피해와 직결되어 있는 다음 3개항(화염시험, 연기밀도 시험, 독성가스 시험)의 동시 시험이 필수요소이다.

1) 해외 현황

- 화염시험 : 화염의 열량과 화염의 전파속도 측정
(화상으로 인한 상해 정도와 대피시간의 확보기준 판정)

- 연기밀도 시험 : 빛의 광학적 투과 손실량을 측정
(대피 시 피난 통로의 시각 장애와 호흡장애 정도 판정)
- 독성가스시험 : 화염내의 독가스 성분을 정성·정량적으로 측정
(가스에 의한 질식과 체내 조직파괴의 정도를 비교 판정) 등의 규정이 선진국에서는 이미 15년 전부터 강화하여 시행해 왔다.

표3. 철도차량 화염 관련 각 국의 주요 규정 비교

구분	한 국	영 국	프랑스	미 국	일 본
적용 기준	KS KRS	BS 6853	NF F16-101	NFPA 130	철운 제81호 철운 제245호
적용 대상	승객 운송 철도차량	I a: 지하철 무인운전차 I b: 침대차, 승무차 II: I a, I b 이외의 차	A1: 지하철, 터널 다빈도 운행차량 A2: 교외, 근교 운행 차량 B: 간선차량	신규 제작 승객 운송 철도차량 전반	A-A: 지하철 A: 근교, 장거리 구간 차량 B: A-A, A 기준 의 차량
설계지침	K S M 3015	재질평가 중심	재질평가 중심	방재 전반 설계 지침	방재 전반 설계 지침
시험방법	시편을 수평으로 고정한 후 연소기를 30°로 기울려 화염에 시편을 적용.	자체포함	별도규정(NF)	별도규정 (NFPA, ASTM)	자체포함
Flammability (화염)	자기소화성 이상	○	△	△	난연, 준난연, 불연으로 규제
Smoke (연기)	-	○	○	○	-
Toxicity (독성)	-	○	○	-	-

(주) ○ : 일괄적용 △ : 부분적용 - : 미적용

2) 국내 현황과 문제점

그동안 적용해온 규정(KS M 3015)은 상기 화염시험 항의 화염 열량 측정에 해당되는 항목만 규정하고 있어서, 그 이상의 중요한 화염의 확산 속도, 연기밀도와 독성가스 항은 시험대상에서 제외되어 왔다. 따라서, 해외에서는 이미 규제를 강화하고 있는 가연성 FRP(유리 섬유 강화플라스틱 / Fiber Reinforced Plastic)을 우리는 KS규정(KS M 3015)에 따라 지속적으로 양산해 왔었다.

기존에 양산된 FRP 제품의 특징은 유리섬유(불연 무독성) + 불포화폴리에스터(가연유독성)로 구성되어 있다.

유리 섬유는 불연성 비금속 소재로서 유리와 유사하며, 고온에서도 타지 않고 용해되는 특성을 가지고 있다. 그러나, 폴리에스터 수지는 가연성 액상의 고분자 소재로서 접착제의 역

할을 하며, 고체의 형태로 성형이 된 후, 즉 FRP 상태에서도 가열을 하면 점화온도가 낮아 인화가 쉽고, 발화상태에서는 고속 탄화현상으로 인해 연기와 독성가스가 대량으로 발산되며, 가스의 온도가 200℃가 넘으면 폭발성인 가스로 변하여 화염의 전파속도가 급격히 빨라지는 성질이 있다.

표4. 내장판의 화염성능 비교 및 기준설정(국내 현재와 향후 목표)

시험 항목	국외 (영국, 홍콩, 인도, 기타)		국내 (현재)		국내 (이후 / 추천)	
	요구치	시험항목	요구치	시험항목	요구치	시험항목
화염전파시험 (Fire propagation)	$i_l \leq 6$ $I \leq 12$	BS 6853 : 1999 (BS 476 Pt.6)	규정없음	규정없음	$i_l \leq 6$ $I \leq 12$	BS 6853 (1999)
표면전파속도 (Surface spread of frame)	Class 1	BS 6853 : 1999 (BS 476 Pt.7)	자기소화성	KS M 3015	Class 1	BS 6853 (1999)
연기밀도시험 (Smoke Density)	A_0 (on) < 2.6 A_0 (off) < 3.9	BS 6853 : 1999 Annex D	규정없음	규정없음	A_0 (on) < 2.6 A_0 (off) < 3.9	BS 6853 (1999)
독성시험 (Toxicity)	$R < 1.0$	BS 6853 : 1999 Annex B	규정없음	규정없음	* $R < 1.0$	BS 6853 (1999)

표5. 난연성 시험항목 및 시험방법(BS의 경우)

시험 항목	시험 방법	비 고
화염전파시험 (Flammability / Fire propagation)	225×225mm(두께 50mm이내) 완제품 시험편을 수직복사열 판에 수직으로 고정시킨 후 가스불꽃을 가하여 발생하는 연소가스의 온도변화를 측정	BS 6853 (BS 476 part 6)
표면전파속도 (Flammability / Surface spread of frame)	280×925mm(두께 50mm이내) 완제품 시험편을 수직 복사열 판에 수직으로 고정시킨 후 열을 가하여 시간에 대하여 불 이 탄 길이를 측정	BS 6853 (BS 476 part 7)
연기밀도 및 불투명성 (Smoke Density & Obscuration)	밀폐된 Chamber 내에서 불꽃에 의한 시편의 연소로 발생 하는 연기밀도를 광도 측정장치 등으로 측정	BS 6853 Annex D
독성시험 (Toxicity)	시편의 연소에 의해 발생하는 생성가스에 포함된 특정한 유독가스의 농도를 Kit 검지관 또는 FTIR 가스분석기를 이용하여 분석	BS 6853 Annex B

제품의 성형과정은 일반적으로 상온에서도 성형이 쉽게되어, 특수기술이 없이도 성형할 수가 있다. 그러나, 상온에서 가공 시 (핸드레이업 방법 또는 SMC 방법에 의해)는 성형 후 수지의 안정성이 낮아 경년 변화가 심해서 사후 변형이 이루어지기 쉬운 단점이 있다. 또한, 난연성의 정도에서도 성능이 낮으며, 난연도를 상승시키기 위해 첨가제(산화알루미늄 또는 브롬화합물 등)를 가하여 성형하면 다소 개선은 되지만, 역시 연기밀도와 독가스 성분은 더욱 증가하고, 제품 성형성도 좋지 않아, 양산 공정에서는 기피하는 경향이 있다.

3.3. KS M 3015의 내연성 규격

국내 내장재의 내열성 시험방법 중 A법의 개요는 다음과 같다.

① 시험편 : 성형 재료의 경우는 길이 약 120mm, 나비 및 두께를 각각 약 10mm 되게 성형한 것. 적층판의 경우는 시료로부터 원래의 두께 그대로 길이 125mm, 나비 12.5mm로 반듯하게 자른 것으로서, 항상 그 한쪽 끝(물리지 않은 끝)으로부터 25mm 및 100mm 되는 곳에 눈금을 긋는다.

② 방법 : 공기의 흐름이 적은 방에서 그림 1과 같이 시험편의 길이 방향은 수평으로, 나비는 수평에 대해서 45도 되게 하고, 높이는 모서리가 불꽃의 끝 높이와 같도록 한쪽 끝을 스탠드에 고정시킨다.

물리지 않은 끝의 아래 모서리에 청색 불꽃의 끝을 30도 각도로 갖도록 하고, 30초 동안 접촉시켰다가 버너의 불꽃을 시료로부터 멀리하는 순간 스톱워치를 누른다.

버너의 불꽃은 시험편으로부터 450mm 이상 멀리 하고, 시험편의 불꽃이 꺼지는 순간 스톱워치를 정지시킨 후, 그 시간을 초 단위로 읽고 연소시간으로 한다. 다만, 180초 이상 불꽃이 꺼지지 않으면 입으로 불어서 끄고 가연성이라 한다. 불을 끈 후, 시험편의 연소된 아래쪽 길이를 측정하고, 연소 거리로 하여 mm 단위로 나타낸다. 연소 거리가 25mm 이하의 경우는 불연성, 25mm이상 100mm 이하의 경우는 자기 소화성이라 한다.

③ 그림1.

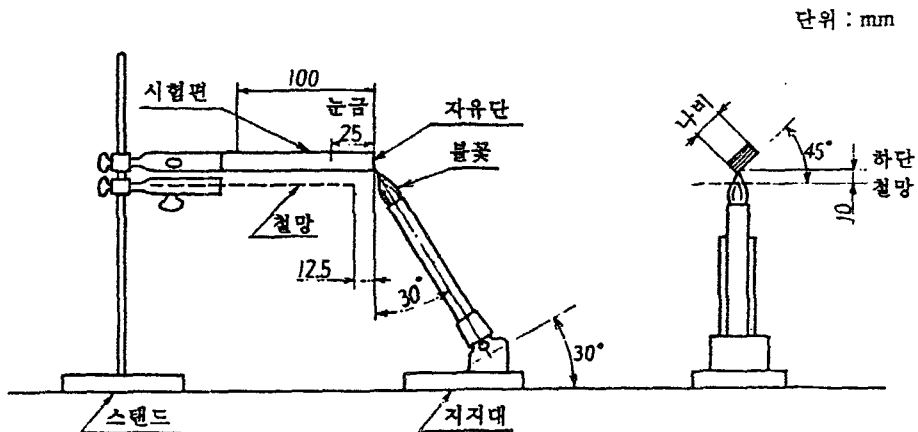


그림 1 내연성 시험 장치

4. 불연성(F.S.T)내장재의 개발과 수출성공

지난 2000년도 국내 유일의 철도차량 메이커인 (주)로템은 영국규격(BS-6853)을 만족하는 홍콩지하철 수주에 성공하였다. 당시 영국의 BS규격은 우리에게선 전혀 이해되지도 않은 상태에서 (주)로템은 까다로운 F.S.T 기술수준의 홍콩 지하철 내장재 제작을 위해 이태리, 스위스등 외국의 내장재 maker들과 접촉하던 중, 국내의 종합 복합재료 기술회사인 (주)한국화이바를 접촉하게 되었다. 곧이어 (주)한국화이바의 연구 기술자들은 외국의 회사를 조사하던중 기존의 폴리에스터 아닌 페놀수지가 F.S.T를 만족 할 수 있는 사실을 발견하고 약 3년간의 연구에 연구를 거듭하여 드디어 개발에 성공하였다. 그러나 국내에서 이를 검증할 공인시험 연구기관이 전무하다는 것을 알고 결국 영국, 호주등의 저명한 공인기관에 시험의뢰 하여 드디어 BS 기술규격에 통과하였던 것이다.

당시 일본은 페놀복합재 전문연구 개발위원회를 구성하여 약 10여년간 불에 안타는 페놀수지의 철도 내장재를 연구하고 있었으나 실용화에 이르지 못하였던 점을 기억한다면 이는 매우 성공적인 기술개발 성과라 할 수 있을 것이다. 이후 이러한 사실은 전 세계로 알려지게 되면서 홍콩을 비롯하여, 인도, 그리스등의 수출 차량에 계약이 이루어지고 국내에서는 지난해 최초로 광주 지하철에서 채택하기 시작하였다. 아이러니컬 하게도 이러한 시기에 대구 지하철 화재사건이 발생하였으며, 다시 한번 지하철 내장재 기술규격이 최소한 영국 BS 수준으로 강화되어 인명피해를 최소화하는 것이 긴요하게 되었다.

(주)한국화이바가 홍콩의 MTRC사로부터 수주한 페놀 FRP 제품은 차량의 전두부(중량 약 100킬로), 창틀, 측판 등 1량 분 약 166.2kg이나 이외에 동사(同社)가 독자적으로 개발한 알루미늄 하니컴 샌드위치 판넬(내외판에 0.3미리와 0.5미리의 알루미늄판, 심재에 5미리 두께의 알루미늄 하니컴을 사용, 판넬 전면에 편칭 구멍을 가지는 경량·고강성·불연성의 모두 자사 제조 판넬)의 구조로 제작된 천장재도 공급되었다.

MTRC사의 차량 내·외장재에 있어서는 당초 세계 유력 기업의 여러회사가 치열하게 수주 경쟁을 전개했으나, MTRC사가 제시한 재료특성에 대한 조건이 매우 엄격했기 때문에 차례로 탈락하고 최종까지 남은 (주)한국화이바가 개발 생산한 내장재 부품에 관해서 MTRC사가 지정한 영국과 오스트랄리아의 시험기관의 공인시험에 합격해서 정식으로 수주계약을 맺는 것에 성공했다.

이제까지 일반적으로 페놀 FRP 성형품은 치수 안정성과 착색성에 문제가 있기 때문에 기존의 폴리에스터 FRP와 비교해서 많은 우수한 특성(난연성, 연소시에 유독가스나 연기발생이 적음 등)이 있음에도 불구하고 차량 부품에 채용되는 일이 적었다.

이것에 대해 1990년에 보잉사, 다음해 91년에 더글라스사 등 세계의 유력 항공기 제조회사의 원료·생산공정 자격 인증(CRTIFICATION)을 취득하고 있는 (주)한국화이바는 종래의 페놀 FRP 성형품이 핸드레이업(HLU)에 의존하고 있던 것에 문제가 있음을 파악하고 페놀 FRP에 항공기 부품과 같은 모양으로 노맥스 하니컴을 사용해 오토클레이브(AUTOCLAVE) 성형법을 채용하게 되었다.

페놀 FRP는 성형시에 축합반응으로 인해 방출되는 수분의 컨트롤이 중요하게 되나, 핸드레이업으로는 곤란한 이 문제가 오토클레이브 성형에서는 매우 쉽게 해결되는 등, 성형 조건에 의해 성형품 중의 수분을 엄밀히 관리하는 것도 가능하고 온도와 압력의 최적 조건을 파악할 수 있었다는 것도 (주)한국화이바의 성공에 중요한 포인트였다.

5. 엄격한 F.S.T시험에 합격 핸드레이업 성형품의 문제점을 전부해결

(주)한국화이바의 노맥스 하니컴 샌드위치 구조 페놀 FRP는 폴리에스터 FRP의 핸드레이업 성형품과 단순하게 비교하면 가격은 약 3배 정도가 된다.

그러나 하니컴 구조를 채용함에 따라 핸드레이업 성형품에서 문제가 된 시간 경과시에 따른 치수 안정성에 대한 걱정이 해소되었고, 또한 강성(剛性)과 내충격 강도가 현격히 향상됨과 동시에 경량화에 큰 공헌을 한 것이 확인된 것도 큰 특징이다. 그리고 생활수준의 향상에 따라 내장재의 고급화, 즉 미려함에도 크게 기여하였다.

충격강도에 관해서는 동사가 공군의 군용기 풍방(風防)생산을 하고 있는 관계로 개발한 900그램의 철괴를 초속 180 킬로미터로 충돌시킬 수 있는 “충돌시험장비”(항공기의 조류 충돌 시험장비)를 사용한 실험에서, MTRC사의 120킬로미터의 요구성능에 대해서, 동사의 샌드위치 구조의 페놀 FRP는 147킬로미터에서도 관통하지 않는 것이 실증되었다. 또 창틀에 있어서 종래의 겔코트 핸드레이업 성형품과 비교하였더니 약 40%의 중량밖에 되지 않아 중량 경량화가 입증되었다.

그러나 동사의 페놀 FRP가 MTRC사에서 채용되게 된 것의 최대의 요인은 앞에서 말한 대로 MTRC사가 지정한 영국과 오스트랄리아의 공인 시험기관에 의해 실시된 F.S.T(불연성, 발연성, 연기, 유독가스 발생의 유무)테스트를 별표의 시험결과에서 정리한 것이 있는데, 다른 어떤 회사 보다도 성능이 월등하여 채용되었다.

또한 문제가 된 것이 도장이다. MTRC사의 지하철 차량은 전두부는 삼색(백·적·흑), 내장 판넬은 백색의 도장이 실시되고 있으나 페놀 FRP와의 밀착성에서 우수한 도료의 개발 채용에도 성공하였으며, “세계 속에서의 정보를 모으기 위해 계속 매진하고있다.”는 것을 입증하고 있다.

표6. 한국화이바의 페놀 FRP의 F.S.T 시험결과

특성	방법	필요 조건	테스트 결과
난연성	BS476 Pt6 BS476 Pt7	$i_1 < 6, 1 < 12$ Class 1	$i_1 = 2.5, 1 = 7.2$ Class 1
연기밀도	BS 6853 B.2	$A_o(ON) < 2.4$ $A_o(OFF) < 3.6$	$A_o(ON) = 0.56$ $A_o(OFF) = 0.67$
유독가스	NF X 70-100	$R < 1$	$R = 0.7873$
heat release	ISO 5660 Pt1	표기 없음.	문제 없음
내화성	BS 476 Pt 20/22	20분 내화	20분 내화



6. ‘불포화폴리에스터 FRP’와 ‘페놀 FRP’의 특징 비교분석

첫째, 불포화폴리에스터 수지는 난연성을 부여하기 위해 난연성 첨가제를 추가 사용하여야 한다. 일반적으로 사용되고 있는 난연성 첨가제는 수산화 알루미늄, 삼산화 안티몬, 브롬과 같은 할로젠 족 화합물 등이 있다. 이와 같은 난연성 첨가제들은 연소시 착화는 지연시키나, 일단 착화되면 중금속과 다이옥신 같은 인체에 해로운 유독성 연기를 발생시킨다. 그리고 불포화폴리에스터 수지는 그 자체가 염화물인 관계로 보통시의 연소(900℃ 이상)보다 불완전 연소시에 특히 유독성 가스가 발생하는 것으로 알려져 있다.

두 번째, 또한 이러한 난연성 첨가제를 사용할 경우 중량이 증가한다.

페놀 FRP의 경우, 수지와 유리섬유는 통상 2:1의 중량비 이지만, 난연성 불포화폴리에스터 수지는 3:1의 중량에 도달한다. 따라서 전동차의 1차량당 기존의 불포화폴리에스터 FRP는 중량이 550~600kg인데 비해, 페놀 FRP는 230~250kg에 불과하다.

그리고 작업 공정은 불포화폴리에스터 FRP는 단판 성형하는 방식이고 페놀 FRP는 노맥스 하니컴 샌드위치 성형 방식이어서 강성이 좋고, 변형되지 않으며, 고급스러운 제품이다.

즉, 불포화폴리에스터 FRP는 연소성 시험에 합격하기 위해 난연성 첨가제의 양이 많아지기 때문에 수지 전체의 양이 증가하게 되며, 따라서 FRP의 굴곡강도, 내충격성과 같은 물성을 유지하기 위해선 중량이 증가하는 결과를 초래하게 된다.

세 번째, 불포화폴리에스터 FRP는 난연제 첨가 방법과 성형 작업 시 작업 조건이 매우 까다롭고 작업성이 나빠 “저가 제품”이라는 단점을 피하기 어렵다. 즉, 페놀 FRP의 “고가 제품”과 불포화폴리에스터 FRP의 “저가 제품”에의 혼동성을 유의하여야 할 것이다.(문화 수준이 향상함에 따라 철도차량, 특히 내장재의 고급화도 추구해야 함)

따라서, 철도차량 내장재의 경우, 불포화폴리에스터 수지는 아무리 개선하더라도 연기, 독성 가스 면에서, 그리고 중량 증가 면에서, 페놀수지 경우처럼 근본적 해결책이 될 수 없음을

강조하고자 한다.

7. 결론 및 건의

이상의 국내 철도차량 내장재 기술규격의 현황과 외국수준을 고려하여 다음과 같이 결론 및 건의사항을 정리하고자 한다.

1. 영국(BS)을 비롯한 선진국의 지하철 화재 예방을 위한 규정은 예방을 위한 법적 제도와 아울러, 만일의 화재 발생 시 치명적 위험 요소인 화염(F), 연기(S), 독성(T)에 대해 엄격한 기술 규정을 확립하여 피해를 최소화하고 있음.

2. 그러나 우리나라(일본포함)의 경우 화염(F)에 대해 매우 낮은 수준의 규정이 제정되어있고, 연기(S)와 독성(T)에 대한 규정은 아직 확립되어 있지 않음.

3. 따라서, 우리도 선진 외국의 법제도와 규정을 종합적으로 검토 연구하여, 선진국 수준 또는 그 이상의 수준으로 규정을 보강하여, 지하철 화재 시 인명피해 및 국가 재산손실을 최소화하기 위한 국가적 통합차원의 전문대책 수립이 시급히 요망됨.

4. 한편, 이와 같은 예방대책 연구검토사항에는 다음을 필히 포함시키기를 건의 함.

(1) 불연자재의 F.S.T 기준의 강화를 선진국 수준으로 할 것.

(2) 경량의 자재를 적용하여 중량에 의한 운영비 감소와 철로 마모를 최소화하기 위해 중량 초과 설계기준을 정립할 것.

(3) 한편, 화재시 비상 대피 탈출구로서 차량 운전석 앞의 비상문의 설치를 의무화하여 대피 통로로 활용할 것.

5. 끝으로, 본 연구보고는 지하철 차량에 국한하여 화재 예방대책을 논하고 있으나, 지하철 역사 구내를 비롯하여, 다수의 사람이 모이는 일반 지하상가, 대형 공공건물, 호텔 건물의 방재 규정도 역시 강화되어야 하며, 나아가서 많은 승객을 운송하는 유람 관광선, 여객선등 일반 선박에도 대형화재의 잠재 가능성이 상존함을 상기하여 지속적인 재난 방지 연구가 지속되어야 할 것임.

[참고문헌]

- 플라스틱産業資材新聞 第718号 9月1日
- 강화플라스틱 제48권 제7호 2002년 7월호
- 강화플라스틱 제48권 제10호 2002년 10월호
- 강화플라스틱 제48권 제12호 2002년 12월호