

철도시트 테이블 라미네이트 기술 고찰

Technology consideration of the laminate of seat's table for railway

이태경*[†], 서우성*, 박승철*

Tae Kyung Lee*[†], Woo Sung Suh*, Seung Chul Park*

Abstract Korea Train Express(KTX) seat has equipped a table for passenger comfort. The laminate panel is attached to the top surface of table which contacts passenger. The first laminate is applied at KTX seat produced by technology transfer from French TGV, and laminate technology also has been applied to KTX-Sancheon seat, Honam line seat. Powder coating on the table plate of aluminum or magnesium die-casting material, and the laminate is attached by the bond on the table surface. The laminate for the purpose securing durability of table surface and aesthetically pleasing has been problems, such as peeling(delamination), cracks. In this paper, the arrangements of table laminate application and improvement history, to analyze the problems and causes.

Keywords : Railway seat, Table, Laminate

초 록 한국 고속철도 시트에는 승객 편의를 위하여 테이블이 장착되어있다. 승객이 접촉하는 테이블 상판에는 라미네이트 판넬이 부착되어 있다. 프랑스와 기술이전으로 생산한 KTX 시트부터 적용되기 시작한 라미네이트는 KTX산천, 호남선 시트에도 적용되어 운행하고 있다. 알루미늄 또는 마그네슘 다이캐스팅 소재의 테이블 플레이트에 분체도장을 하고 본드를 도포해서 라미네이트를 부착하였다. 테이블 표면 내구성 확보, 미관을 목적으로 부착하는 라미네이트는 들뜸(박리), 크랙 등의 문제가 발생하였다. 이에 본 논문에서는 테이블 라미네이트 적용 및 개선 이력을 정리하고 문제점 및 원인을 분석하고자 한다.

주요어 : 철도시트, 테이블, 라미네이트

1. 서 론

테이블 라미네이트는 프랑스와 기술이전으로 생산한 KTX 객실시트부터 적용되었으며 최근 생산한 호남선 객실시트까지 일부 수량에서 들뜸(박리), 크랙 등의 문제가 발생하였다. 이전에는 본드 사양, 부착 기술에 한정해서 원인 분석이 이루어 졌다. 본 연구에서는 문제점 현황(개선 이력)을 정리하고 근본 원인 분석(형상, 소재 특성, 재현시험) 등을 통하여 라미네이트의 특성과 한계 기술에 대한 기초연구이다.

† 교신저자: 대원강업(주) 시트연구실 철도설계팀(L-dsgn3@dwku.com)

* 대원강업(주) 시트연구실 철도설계팀

2. 본 론

2.1 현상

문제 현상은 크게 두가지이다. Fig.1의 사진과 같이 테이블에서 라미네이트 판넬이 들뜨는 현상, 즉 박리되는 현상과 라미네이트 자체 크랙 현상이다. 박리 현상은 테두리와 모서리 부분이 떨어지며 크랙은 KTX, KTX산천과 호남선에서 동일하게 발생하였다.



Fig. 1 Case of problems of table laminate

2.2 발생 이력

KTX는 프랑스, 한국 생산 제품에서 동일하게 발생하였다. KTX는 컵홀더가 없는 구조이며 세척액(알코올)이 침투하여 들뜸과 크랙이 발생되었고 KTX산천은 1차적으로 원형 컵홀더 주변 공간(접착 면적)이 부족하여 들뜸이 발생하였으며 접착 공정을 개선하였으나 크랙이 발생한바 있다. 호남선은 KTX산천 이력을 개선하고자 컵홀더 형상을 변경하여 접착면적을 증대하였으나 컵홀더 돌기 양쪽 끝단부터 크랙이 발생하였다.

본 연구는 가장 최근 발생한 호남선 테이블 라미네이트 크랙을 대상으로 하였다.

Table 1 Arrangements of table laminate application and history

Section	KTX	KTX Sancheon	ITX Cheongchun& ITX Saemaul	Honam Line	SRT
Laminate	O	O	X (Just painting)	O	X (Just painting)
Problem	Delamination	Delamination	X	Crack	X
Photo					

2.3 원인 분석

2.3.1 라미네이트 접착 구조 및 재질

호남선 테이블은 Fig.2와 같이 분체도장한 알루미늄 다이캐스팅 테이블 위에 본드 도포, 부착 공정을 거쳐서 라미네이트를 부착한다.

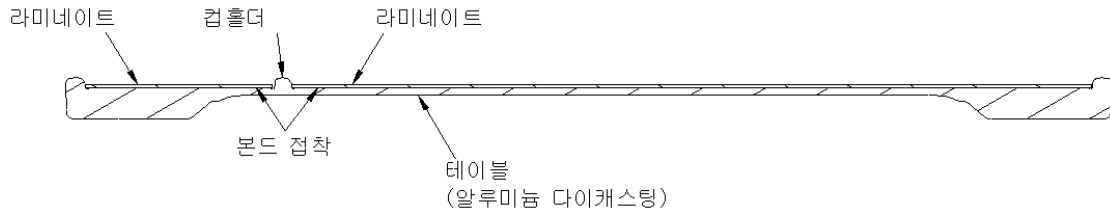


Fig. 2 Cross section of Table Assemble

라미네이트는 합성수지로 함침하고 고온/고압 하에서 융합되어 얇은층으로 구성된다. 라미네이트는 페놀 수지를 함침한 core paper층(적층 수량에 따라 라미네이트 두께 결정됨)과 라미네이트 표면인 멜라민 수지로 함침된 decorative paper층으로 구성되어 있다.

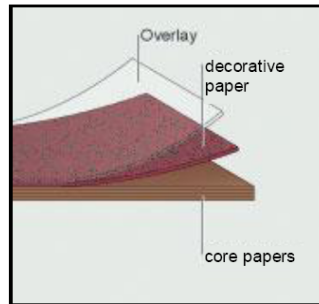



Fig. 3 Laminate sheet[1]


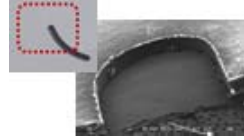



2.3.2 세부 원인 조사

2.3.2.1 원인 조사 종합

과거 차종에서 문제가 발생했을 때는 본드사양, 접착 기술, 접착면적 등을 원인으로 예상하였다. KTX산천은 다양한 본드를 시험하여 현재 본드 사양과 접착기술을 정립하였고 호남선은 컵홀더 형상 변경으로 접착 면적을 증대하였지만 예상치 못한 크랙이 발생하였다. 이에 기존 원인 분석을 다시 재검토하고 소재 특성을 중점적으로 분석하였다. (1)본드, (2)고품 절단 박리 확인, (3)라미네이트 가공(절단)면 현미경 촬영, (4)접착 공정의 압착 위치에 따른 크랙 유무 조사, (5)소재 별 수축/팽창 측정 (6)소재 별 열팽창계수 계산, (7)재현시험 등의 과정으로 진행하였다. 세부 원인 분석은 Table 2에 종합하였다. 2.3.2.2항과 2.3.2.3항에서 알루미늄과 라미네이트 소재의 수축/팽창과 재현시험을 통해 원인을 찾을 수 있었다.

Table 2 Detailed analysis of the factors

항목	내용	결과	사진	비고
본드	본드 접착시험	1) 압착시간 증가할수록 접착 강도 증대 2) 압착강도에 의한 크랙 유무 재현시험 결과 특이 사항 없음		

항목	내용	결과	사진	비고
고품 박리 확인	고품 크랙면의 박리 유무 확인	1)박리 현상 없음 2)접착된 상태에서 크랙 발생		
라미네이트 가공면 확인	라미네이트 단품의 컵홀더 가공면 현미경 촬영	1) 미세 크랙 없음		
접착 공정	라미네이트 접착 공정에서 돌출된 컵홀더와 라미네이트 간섭 유무 확인	1) 특이사항 없음 2) 돌출된 컵홀더와 가공면에 여유 공간 있음		
수축/팽창 측정	알루미늄과 라미네이트 수축/팽창 측정	1) 알루미늄은 온도 상승시 치수 증대 / 온도 하강시 치수 축소 2) 라미네이트는 온도 상승/하강시 계속 수축됨		
열팽창 계수	알루미늄과 라미네이트 열팽창계수를 계산하고 온도 조건별 치수 변화 분석	1) 알루미늄:0.0000222 2) 라미네이트:-0.0000504 (시험을 통한 계산치로서 오차 있음)	-	2.3.2.2 항
재현시험	-40℃~130℃에서 60cycle 열충격 시험 실시	1) 39cycle 후 크랙 발생 2) 온도 변화에 따른 수축/팽창 반복으로 발생 확인		2.3.2.3 항

2.3.2.2 소재 열팽창계수 및 수축/팽창 측정

알루미늄은 온도가 상승하면 전체 치수가 늘어나며 온도가 하강하면 줄어든다. 반면에 라미네이트는 특이하게 온도 상승/하강을 반복하더라도 지속적으로 치수가 줄어드는 것을 시험을 통해 확인하였다. 즉, 상하, 좌우 모든 방향에서 수축이 발생하였다. Table 3은 봄, 여름, 가을, 겨울의 실외, 차량 실내 온도를 예상한 표이다. 여름철 차량내 최고 온도는 햇빛에 의한 차량 실내 온도 상승을 고려하였으며 자동차 시트의 열충격 시험 온도와 유사한 조건이다.

Table 3 Temperature condition

Section	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
Outside (℃)	7~20	23~30	11~20	-20~7	-20~30
Inside train (℃)	7~30	23~80	11~30	-20~23	-20~80
Temperature range of Inside train (℃)	23	57	19	43	100

Fig.4는 상기 온도 편차를 열팽창계수로 계산한 그래프이다. 테이블은 온도 상승/하강에 상관없이 지속적으로 수축하는 조건이며 테이블 알루미늄은 온도 상승 기준으로 팽창하는 조건이다. 그래프 상의 최대치는 최대 100℃ 온도 편차를 기준으로 계산하였다.

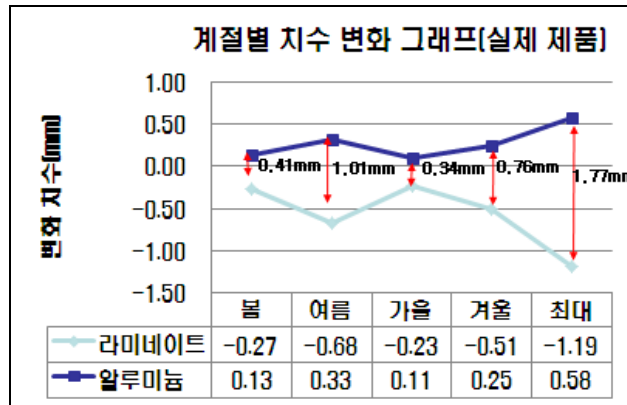


Fig. 4 Seasonal changes in dimensions graph

또한 라미네이트와 테이블 알루미늄을 열충격 챔버에 넣고 온도 상승/하강을 반복하면서 치수를 측정하였으며 열충격 계수로 계산한 Fig.4의 그래프와 유사한 유형을 확인할 수 있었다. 현재까지 분석한 소재별 온도 변화에 따른 수축/팽창 조건으로 재현 시험을 실시하였다.

2.3.2.3 재현 시험

과거 차종 및 호남선 크랙 발견 직후부터 열충격 시험은 자동차 시트 기준인 -30℃~90℃ 4cycle의 재현시험뿐만 아니라 cycle 횟수 증대 및 온도, 습도 조건 변경, 접착제 변경, 접착 공정 변경 등 예상되는 다양한 조건으로 실시하였지만 크랙이 재현되지 않았다. 현재까지 명확한 원인을 찾지 못한 이유도 크랙이 재현되지 않았기 때문이다. 이에 2.3.2.2항에서 도출한 온도 변화에 따른 수축/팽창 조건을 검증하기 위하여 열충격 시험기(챔버)와 라미네이트가 허용하는 최대/최저 온도 조건(-40℃~130℃)에서 60cycle(1cycle 당 179분 소요, 총 179시간 소요) 온도 변환(열충격) 시험을 실시하였다. 이는 Table 3의 최대치인 -20℃~80℃의 범위를 넘어서며 Table4와 같이 Step당 시간을 단축한 가속 시험을 실시하였다.

Table 4 thermal shock test conditions (1cycle)

Section	Temperature	Time	Note
Step 1	25℃ → -40℃	32.5min	Cooling
Step 2	-40℃	30min	-
Step 3	-40℃ → 130℃	34min	Heating
Step 4	130℃	30min	-
Step 5	130℃ → 25℃	52.5min	Cooling

시험 시료는 기존 정상품, 미세 크랙 고품(크랙 진전 확인용), 기존 열충격 시험 제품, 인위적인 크랙 발생 제품 등으로 다양한 제품 조건으로 실시하였다. 크랙은 39 cycle후 16개 시료 중 정상품 3개에서 미세 크랙이 발생하였다.(Fig.5)

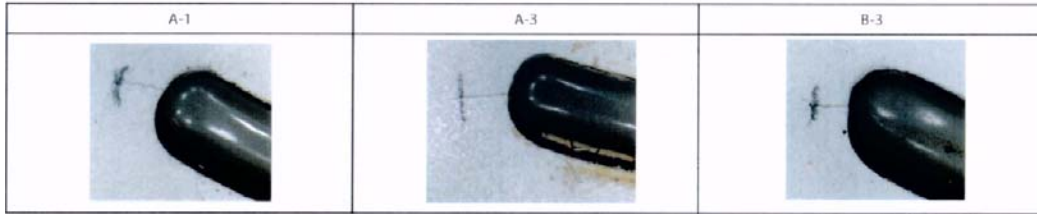


Fig. 5 Cracked samples

라미네이트의 크랙은 온도차가 큰 환경에서 팽창계수 차이가 큰 이종간의 접촉으로 수축/팽창의 반복으로 시간이 지남에 따라 지속적으로 발생하는 것을 알 수 있다. 라미네이트는 지속적으로 수축하고 테이블 알루미늄은 수축/팽창을 반복하는 것이 원인이다.

3. 결론

상기 원인 분석과 같이 라미네이트의 문제 요인을 검토하고 예상되는 요소들을 검증 및 시험을 통해 결과를 도출하였다. 난연이 적용된 페놀 라미네이트는 취성이 강하여 4계절이 뚜렷한 우리나라와 같이 온도차가 큰 환경에서 팽창계수 차이가 큰 이종간 접촉은 형상 유지와 접착력에 한계가 있다. 알루미늄 하니콤 타입의 테이블은 사용하지 않는 반대면에도 라미네이트를 부착하는 것은 상하면을 동일 재질을 사용함으로써 팽창계수 차이를 극복하기 위함이다. 그리고 KTX산천의 원형 컵홀더, 호남선의 돌기형 컵홀더 같이 라미네이트 내부의 홀가공은 팽창/수축의 응력이 집중되기 때문에 적용하지 않아야 한다.

또한 필연적으로 발생하는 테이블과 라미네이트 사이의 틈새에 먼지, 이물질이 끼어서 외관 품질이 떨어진다. 그래서 ITX청춘, ITX새마을과 시운전 중인 SRT(수서발 고속열차)는 라미네이트가 없는 사양이 채택되었다. 특히 SRT는 테이블이 곡선 형태로서 디자인에 중점을 두었다. 최신 해외 시트도 라미네이트를 부착하지 않고 곡선이 미려한 디자인의 테이블을 적용하는 것이 추세이며 테이블 소재 자체의 질감과 별도의 표면처리(도장 등)로 사용하고 있다.

향후 라미네이트 적용에 신중한 접근과 더불어 라미네이트를 대체할 수 있는 신소재 개발도 검토되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] International Committee of the Decorative Laminates Industry(ICDLI), General recommendations for working with decorative laminates.