

고속전철용 경량 시트 개발

Development of Light Seat for High Speed Railroad

최기섭* 구재광* 박세진**
Choi, Ki Seob Koo, Jae Kwang Park, Se Jin

* 대원강업(주), ** 한국표준과학연구원

Abstract

본 연구는 '선도기술개발사업' 중 최고운행속도 350km의 한국형 고속전철 시스템 개발 및 관련 핵심기술 확보를 사업 목표로 하는 '한국형 고속전철 기술개발 사업' 연구과제의 하나로 수행된 과제이며, 한국형 고속전철에 적용하기 위한 한국인의 정서와 체형에 적합한 한국형 경량 Seat 개발을 목적으로 하였다.

경량 Seat 개발을 위한 기초기술 연구로서 인간공학적 Seat 설계기술 개발, 경량 소재 개발, 구조물 접합기술 개발, 난연소재 개발, A/V 내장기술 개발 등의 연구를 수행하였고, 그 결과를 토대로 하여 경량 Seat의 Prototype 설계와 검증을 실시하였으며, Mock Up Seat를 제작하였다.

1. 서론

본 연구의 기술개발의 목적은 한국형 고속전철에 적용하기 위한, 한국인의 정서와 취향을 반영한 한국인의 체형에 적합한, 한국형 경량 Seat를 개발하는 것이다.

경량 Seat 기술개발의 중요성으로는 세계적으로 환경보존에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데 배기가스 및 연비에 대한 각종 규제가 강화됨에 따라, 세계 각 국은 모든 수송 기계의 경량화를 적극 추진하고 있으며, 향후 이 부분은 WTO 체제의 환경에서 누가 경쟁에서 앞서 나가느냐 하는 중요한 척도가 될 것이다. 따라서, 선진국 대열에 진입하기 위해서는 경량 기술의 개발이 필수적이며, 그 중요성을 기술적 측면, 경제산업적 측면, 사회문화적 측면으로 서술하면 다음과 같다.

- 기술적 측면

최고시속 350Km/h의 고속전철에서는 안전성, 편의성과 함께 차량 경량화가 필수적이다. Seat는 중량물이면서 수량이 많기 때문에 Seat의 경량화는 차량전체의 경량화에 매우 중요한 비중을 차지한다고 할 수 있다. 특히, 한국인 취향의 회전식 Seat는 세계적으로 경량화된 Model을 찾아볼 수 없는 실태이므로 이번 경량 Seat 개발의 의미는 매우 크다고 볼 수 있다. 그러므로 한국인 체형에 맞는 경량 Seat 개발이 무엇보다도 중요하며, 한국형 경량 Seat 개발을 위해서는 한국인 체형에 대한 인간공학적 연구, 경량소재 개발, 구조물 접합기술 개발, 난연소재 개발, A/V 내장기술 개발, 구조물 설계 기술 등의 연구 개발이 중요한

필수 조건이다.

- 경제산업적 측면

고속전철은 국내의 인적이동 및 물류에 일대 혁신으로 경제산업에 활력을 불어주는 하나의 계기가 될 것이다. 따라서, 객실 Seat의 효율적 설계 및 배치는 객실당 소요를 결정하게 된다. 보다 많은 승객의 운송을 위한 과밀한 배치는 승객의 쾌적성 및 안락도를 떨어뜨려 우리의 미래 주도 운송 수단인 고속전철의 만족도와 이미지를 저하시킬 것이다. 반면 필요 이상의 공간을 확보하면 향후 운영 시 경제성이 저하되거나, 승객 운송수요를 충족시키지 못하게 됨으로써 공급 부족을 보상하기 위한 막대한 건설 비용이 추가 될 것이다. 따라서 경제성이 급격히 저하되지 않는 범위 내에서 승객의 쾌적성을 도모하며, 최대의 경제성을 추구하는 연구와 설계가 요구된다. 또한, 경량 소재 개발, 구조물 접합기술 개발, 난연소재 개발 등은 타 산업에 응용될 수 있어 긍정적 효과가 기대된다.

- 사회문화적 측면

고속전철은 지역간의 이동을 쉽게 하여 지역간 불균형이 개선되고 국가의 기술력 제고로 국가간의 기술 신뢰적인 측면에서 많은 반사이익이 기대된다. 경량 Seat의 기술 개발은 인간공학적으로 한국인 체형에 적합하고, 한국인 정서와 취향에 맞는 Design, 색상 등이 고려된 Seat 설계 개발의 초석이 될 것이며, 이는 향후 우리의 자랑스런 유산으로 자리를 잡아 미래에 우리나라의 정서를 세계 여러 나라에 알릴 수 있는 계기도 될 것이다.

2. 개발목표

본 연구에서의 최종 기술개발 목표는 최고속도 350km/h로 운용 가능한 한국형 고속전철 경량자를 개발하는 것이며, 다음과 같은 연구 개발 목표를 두고 연구를 추진하였다.

- 기술 현황 파악
- 한국형 철도 Seat 제원조사 및 결정
- 경량소재 선정
- Seat Lay-Out 검토
- 인간공학적 설계기술 개발
- 경량소재 개발
- 경량소재 구조물 접합기술 개발
- 난연소재 개발
- A/V 내장기술 개발
- 경량화 Seat 설계
- Seat 설계검증 기술 개발
- Mock Up Seat 제작

3. 기술현황 파악

3.1 K-TGV Seat 검토

K-TGV Seat를 Tear Down 분석하여 중량, 구조, 재료, 안락성에 대한 분석을 실시하였다.

그림1. K-TGV Seat(1st Class)

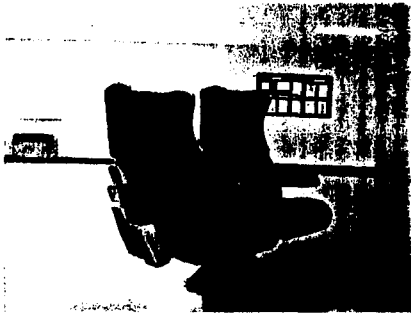


그림2. K-TGV Seat(2nd Class)



3.1.1 1st 및 2nd Class 중량 분석

- (1) 1st Class Double Seat : 78.3Kg
- (2) 1st Class Single Seat : 43.8Kg
- (3) 2nd Class Double Seat : 40.3Kg

3.1.2 구조 및 재료 분석

1st Class Seat의 무게는 2인석 기준 약 78.3Kg으로 전체적인 기능을 꼭 필요한 기능만으로 한정하고 대부분 Al합금 재질과 Steel 재질로 구성되었다.

2nd Class Seat의 무게는 40.3Kg으로 회전이 않되는 고정식이며 편측 벽 Mounting이 특징이고, 대부분 Al 합금을 사용하였으며, 부분적으로 Mg합금을 사용하여 경량화가 많이 이루어져 있는 것으로 조사되었다.

Mg 합금 골조를 개발하여 추후 고속철도용 시트에 적용하기 위한 최종의 목표는 경량화된 시트개발에 있으므로 다음과 같은 단계를 거쳐 경량구조 설계와 재료를 선정하였다.

(1) 설계 단계

FEA를 통한 설계검증의 실시로 최적설계에 접근하여 경량화를 실현하고 최적원가를 검토하여, Seat의 설계조건에 만족한 Al 합금, Mg 합금, 복합소재를 주재질로 선정하였다.

(2) 금형 제작 단계

Seat 골조제작에 최적화 된 주조 방안 설정하고, 외국의 기술제휴업체와 상호협력하여 금형 제작기술을 확보하였고 국내 협력업체에서 보유중인 사출 기계 사양을 조사하여 Seat 부품의 특징에 맞는 생산을 고려하였다.

(3) 양산 준비 단계

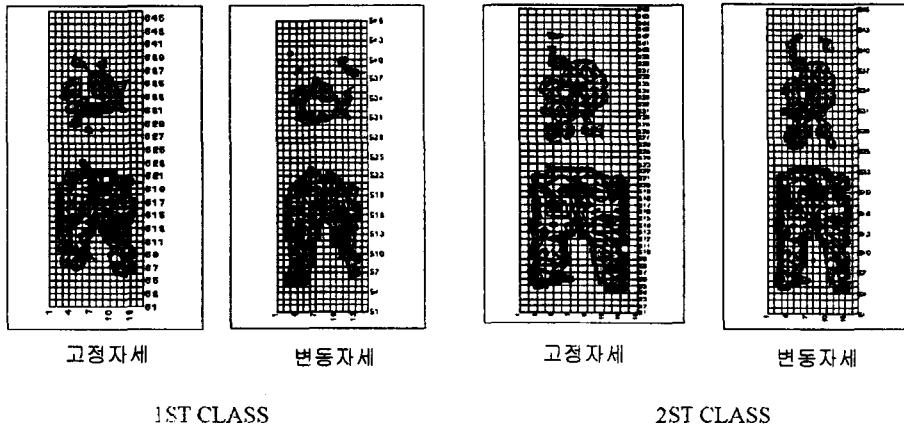
원재료의 수급을 고려한 계획을 수립하고 Seat 부품의 특징에 맞는 주조 기술자료와 Know How를 축적하였다.

3.1.3 안락성 분석

- (1) 기존 국내 철도차량의 이용실태와 안락성에 대한 평가조사

- (2) TGV와 국산 시트커버의 투습성을 비교 실시함
- (3) 고속 전철의 Pitch결정을 위한 Modeling을 검토함
- (4) 한국인의 정서에 적합한 고속전철 Seat Design을 조사, 분석하였다

그림3. K-TGV Seat 체압분포 측정



3.1.4 경량 소재 기술 조사

경량소재로서 Al합금, Mg 합금, 복합재료 등에 대한 기술 현황을 조사분석 하였다.

- (1) 재료적인 측면에서의 검토
- (2) 제조적인 측면에서의 검토
- (3) 설계적인 측면에서의 검토등 다각적으로 병행하여 조사, 분석하였다.

3.1.5 Seat 기초 기술 개발

(1) 경량소재 개발

Al합금, Mg합금, 복합재료 등의 경량소재에 대하여 Seat부품에 적합한 소재선정 기술을 확보하였고 각 부품별로 세부 소재를 선정하여 설계에 적용하였다. 복합재료 골조 개발에 있어서는 대원강원(주)에서 공업기반기술 개발사업으로 별도로 진행중인 승용차 운전석용 경량 Seat Frame 개발 연구의 결과를 활용하였다.

(2) 구조물 접합기술 개발

기존 Seat의 대부분은 Steel 소재를 바탕으로 일부 Al Alloy 및 Plastic 부품들이 사용되었고, 접합방법으로는 Welding, Bolting, Riveting, Fitting 등의 일반적인 방법을 사용하였다. 그러나 Al Alloy, Mg Alloy, 복합재료 등의 경량소재 적용에 따라 그에 따른 특수한 접합방법이 필요로 하며, 이에 대한 조사연구를 진행하였다.

(3) 난연소재 개발

대량 운송수단으로 사용되는 철도차량용 의자의 Sponge 재료에 대한 난연(Anti-Fire) 규격과 유독성(Toxicity) 규격을 만족시키는 Sponge의 원료를 개발함으로써 보다 높은 승객의

안전을 확보하고 선진기술 습득에 의한 관련기술의 개발로 앞으로 점차 높아만가는 선진기술에 대한 장벽을 극복하여 대외 경쟁력을 확보하기 위한 것이다.

본 연구에서는 경부고속전철 Seat의 적용규격과 동일하게 Seat Ass'y 상태에서는 UIC 564-2를 적용하였고 부품은 NF F 16-101을 적용하여 개발을 추진하였다.

(4) A/V 내장기술 개발

시트에 A/V System을 장착하여 개인별로 청취하는 것을 기본안으로 System의 구성과 설치방안을 수립하였고, 한국인의 정서에 맞도록 인간 공학적 설계 기술과 접목하여 가장 효율적이고 편리한 설치 방법을 적용하였다.

3.1.6 인간공학적 Seat 설계 기술개발

(1) 기존 국내 철도차량 Seat의 안락성 평가 및 선진국 철도 Seat와의 비교

현재 운행중인 국내 철도 Seat에 대한 안락성 및 불평 사항들을 조사하여 추후 개발할 Seat의 개선방향을 모색하였으며, 선진국 철도차량의 분석과 비교를 수행하였다.

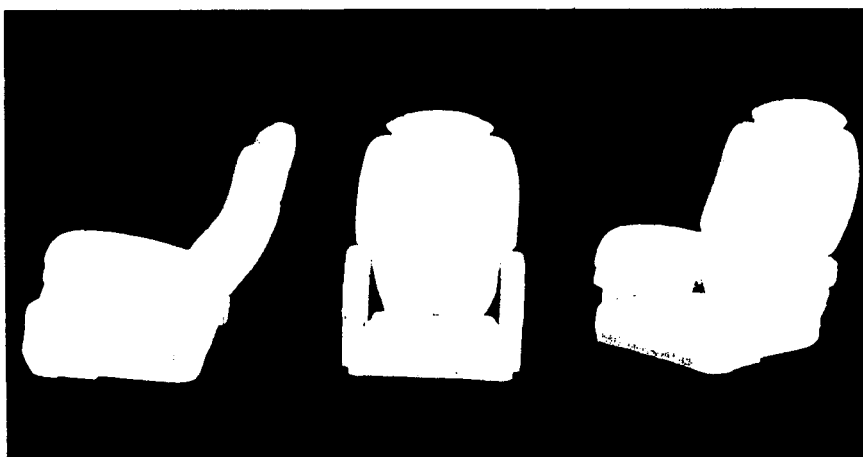
(2) 안락한 Seat 설계방법 개발

안락한 Seat의 각 부분의 치수와 각도변위, 등판형상 등 시트설계에 요구되는 설계 요소들이 실제 실험을 통해 측정 및 분석되었다.

(3) 열차 Seat Design 선호 경향 분석

열차의 Design은 크게 Seat 형상, Cover 색상과 무늬 등의 관점에서 분석할 수 있다. 이에 대한 한국인들의 감성에 부합할 수 있는 Seat의 형상 Design, Cover 직물의 색상 및 Pattern에 대한 조사와 분석이 수행되었다.

그림4. Seat 형상 Design 안 Mock Up



(4) 쾌적한 Seat Cover 요건 제시

Seat Cover의 불쾌 요소로 조사된 물성들에 대해 섬유조성별 직조형태별 비교와 분석이 이

루어졌다. 또한 고속전철 상황에 대한 물성별 상대적 중요도가 평가되었다. 전체 개발 목표에 대해서도 100% 달성이 이루어졌으며 시제품에 대한 객관적 주관적 검증의 가능할 것으로 보인다.

본 연구는 한국인을 대상으로 한 실제적 측정 및 조사 자료들을 바탕으로 Seat의 설계방법과 Design 요소들의 방향성을 제안하였기 때문에 본 연구자료를 바탕으로 한국인의 인체특성과 감성특성에 적절한 Seat의 개발이 가능할 것으로 보인다. 또한 본 연구의 내용은 고속전철 Seat 뿐 아니라 앞으로 개선 및 개발이 이루어질 열차 Seat들에 대한 적용도 충분히 가능할 것으로 사료된다.

3.1.7 초경량 의자 설계

Seat 기초 기술과 인간공학적 연구 내용을 바탕으로 Seat의 설계구상서를 작성하여 설계목표, 중량, 기능, 성능 및 치수를 결정하여 Proto 설계를 완료하였다.

3.1.8. 경량 Seat 설계 검증

(1) 구조해석

주요부품에 대한 구조해석(FEA)을 실시하여 설계검증을 실시하였고, 최적설계에 접근함으로써 중량절감을 실현하였다.

-Seat Ass'y

-Main Frame

-Armrest 및 Armrest Bracket

(2) 시험평가

철도 Seat의 Test 기준 정립은 경량화 기술과 더불어 우리가 꼭 실현해야 할 중요한 사안 중 하나이다. 미래에 발생할 수 있는 모든 품질문제를 사전에 예방하기 위해선 각각의 상황에 맞는 시험 항목과 평가 기준 수립이 매우 중요한데, 350Km/h상의 속도에 대한 경험은 전무한 우리로서는 그 상황의 유추가 어렵기 때문에 어려운 실정이다.

따라서, 먼저 국내 시트 Test 방법을 기초로 해서 국외의 Test 방법을 검토하고, 이를 적절하게 접목하여 고속전철 Seat의 Test 방법 및 평가 기준을 새로이 정립하였다.

본 연구에서는 초경량 의자에 대한 Test 방법 및 평가 기준을 11개 항목으로 분류하여 실시하도록 제안하였다.

4. 결론(기술개발결과)

4.1.1 초경량 Seat 기초기술 개발

(1) 경량소재 개발 및 적용

- Al 합금 : 압출 Profile, Die-Casting 부품 개발
- Mg 합금 : Die-Casting 부품 재료 선정
- 복합소재 : 난연 Plastic 소재 선정

(2) 구조물 접합 기술개발

- Al, Mg 합금 부품의 조립을 위한 Riveting & 특수 Bonding 공법 적용

(3) 난연소재 개발

- 난연 Sponge 개발(UIC 564-2, NF F 16-101적용)
- 난연 Test 기술 개발(UIC 564-2, NF F 16-101적용)

(4) A/V 내장기술 개발

4.1.2 인간공학적 설계기술 개발

(1) 기존 국내 철도차량 Seat의 안락성 평가 및 선진국 철도 Seat와의 비교

현재 운행중인 국내 철도 Seat에 대한 안락성 및 불평 사항들을 조사하여 추후 개발할 Seat의 개선방향을 모색하였으며, 선진국 철도차량 Seat의 분석과 비교를 수행하였다.

(2) 안락한 Seat 설계방법 개발

안락한 Seat의 각 부분의 치수와 각도범위, 등판형상 등 Seat 설계에 요구되는 설계 요소들이 실제 실험을 통해 측정 및 분석되었다.

(3) 열차 Seat Design 선호 경향 분석

열차의 Design은 크게 Seat 형상, Cover 색상과 무늬 등의 관점에서 분석할 수 있다. 이에 대한 한국인들의 감성에 부합할 수 있는 Seat의 형상 Design, Cover 직물의 색상 및 Pattern에 대한 조사와 분석이 수행되었다.

(4) 쾌적한 시트 Cover 요건 제시

Seat Cover의 불쾌요소로 조사된 물성들에 대해 섬유조성별 직조형태별 비교와 분석이 이루어졌다. 또한 고속전철 상황에 대한 물성별 상대적 중요도가 평가되었다.

4.1.3 경량의자 설계 (목표중량 달성도 : 90%)

- (1) 설계구상서
- (2) 도면
- (3) PART LIST
- (4) 사양서

4.1.4 목표중량 대비 개발중량

단위 : kg

구분	K-TGV Seat	목표중량	개발중량	비고
1st Class(2P)	79.0	56.0	56.0	
2nd Class(2P)	40.3	33.0	35.0	

그림5. 1st Class Seat(2P)

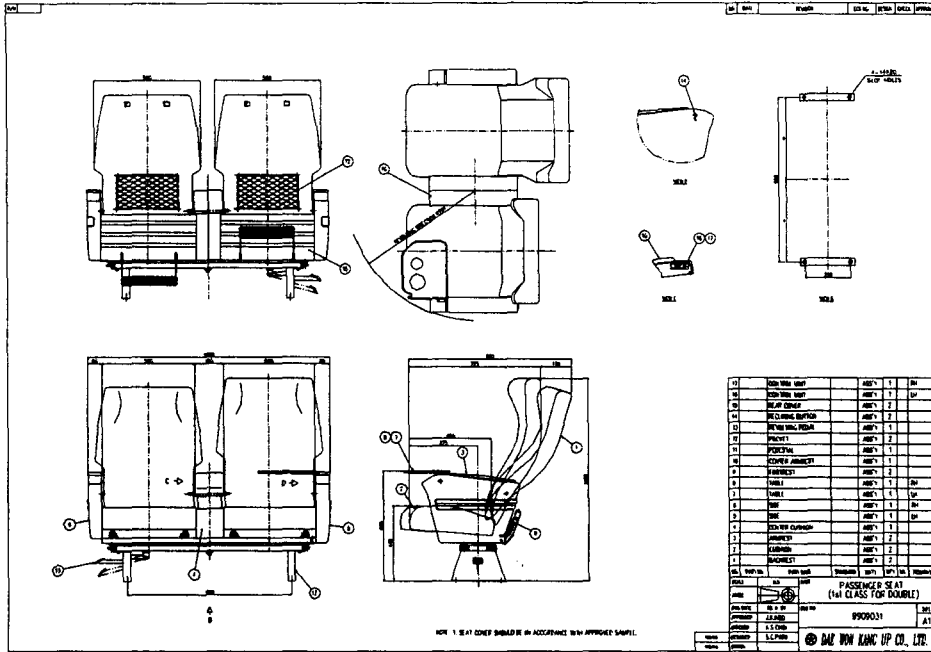


그림6. 1st Class Seat(1P)

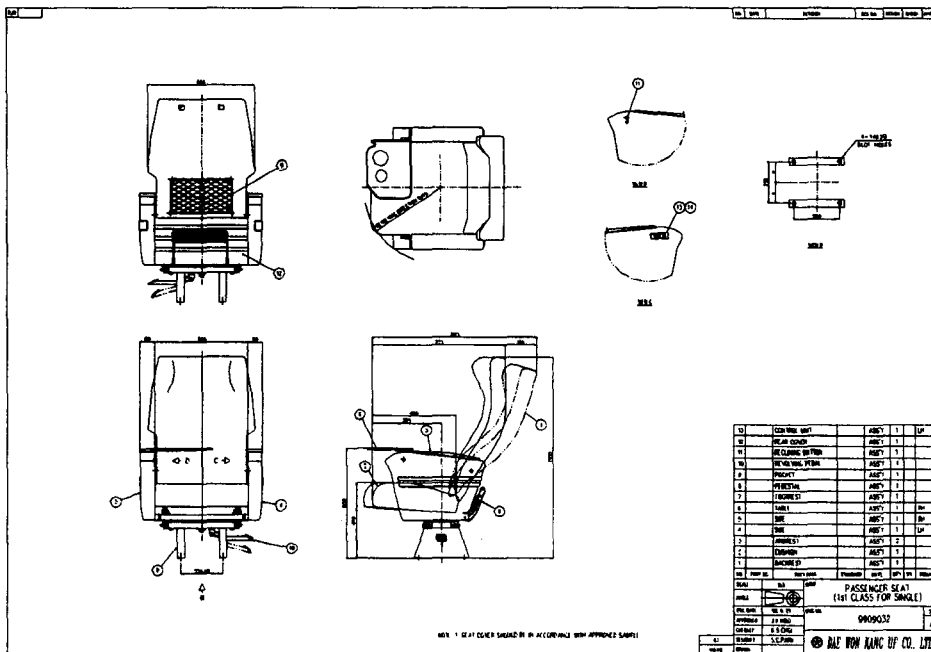
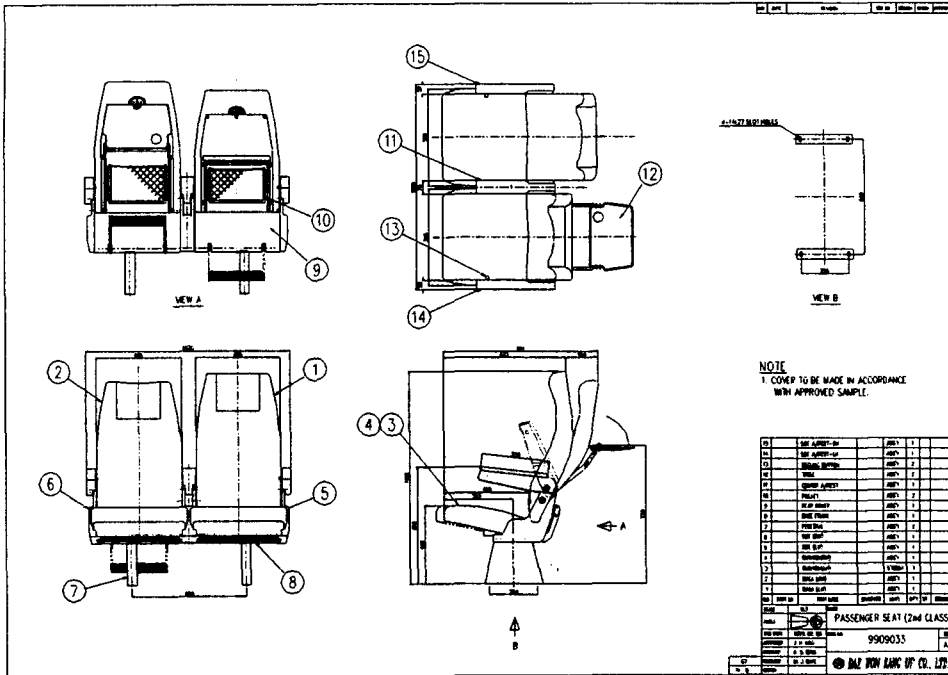


그림7. 2nd Class Seat(2P)



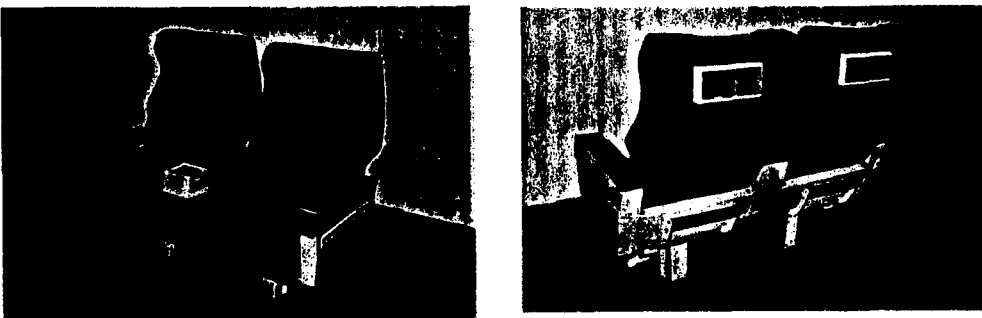
4.1.4 경량의자 설계검증

- (1) Seat Ass'y 및 부품 FEA 실시
- (2) 시험항목 11개 항목 선정

4.1.5 경량의자 Mock Up 제작

1등석 1인용, 2인용, 2등석 2인용 각 1조씩 제작

그림8. Mock Up Seat(1st Class)



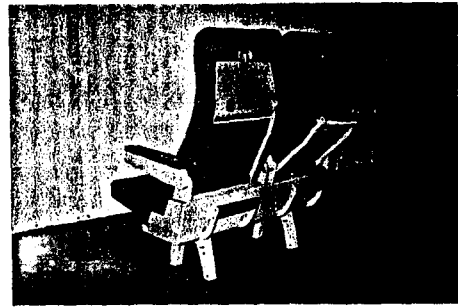
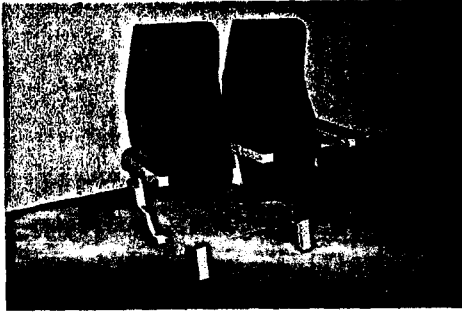


그림9. Mock Up Seat(2nd Class)

5. 기대효과

5.1 기술적 측면

- (1) 경량소재 설계 기술의 향상
- (2) 경량구조 설계 기술의 향상
- (3) 구조물 접합기술 개발의 향상
- (4) FEA 해석 기법 정립
- (5) ANTI FIRE & SMOKE PAD 제조기술 개발
- (6) 시험평가 기술의 정립

5.2 경제산업적 측면

- (1) 고속전철 Seat 국산 개발에 따른 수익 발생과 수입 대체
- (2) 국내 고속전철 Seat 제작시 비용 절감
- (3) 향후 고속전철 Seat의 수출에 따른 경쟁력 확보
- (4) 세계적으로 기술을 인정 받을 수 있으므로 타 분야에서의 기술인지도 향상
- (5) 개발된 기술이 항공기 및 자동차, 산업기계에 확장 가능하므로 기술 파급효과 큼.

6. 활용방안

- (1) 동서 및 호남 고속전철 차량 제작에 응용가능
- (2) 현재 운행중인 객차(새마을, 무궁화등)의 성능 향상에 적용
- (3) 경량소재 및 불연난연 소재의 자동차 Seat 설계 및 제조시 연구결과 응용
- (4) 항공기 Seat 개발에 응용

7. 참고문헌

ASHRAE, ASHRAE Handbook 1997, Fundamental, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, GA, 1997.

D.M. Barkla, CHAIR ANGLES, CURATION OF SITTING, AND COMFORT RATINGS . PG 046

Nahm Sik Lee, Lawrence W. Schneider, Leda L. Ricci ,REVIEW OF SELECTED LITERATURE RELATED TO SEATING DISCOMFORT, University of Michigan., UMTRI-90-12

강선모, 백승렬, 박범(1998), Neural Network을 이용한 디자인 요소와 감성어휘의 Mapping에 관한 연구, 1998 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 189-194

강선모, 백승렬, 박범, Neural Network을 이용한 디자인 요소와 감성어휘의 Mapping에 관한 연구, 아주대학교, 98 한국 감성과학회 추계 학술대회.

고윤수, 자동차의 섬유 내장재 직물에 대한 연구, 홍익대학교 산업미술대학원, 1999.

김경인, 김창순(1998), 풍토조건이 색채감성에 미치는 영향, 1998 한국감성과학회 추계학술발표논문집, 한국감성과학회, 183-188

김기환, 백남옥, 장경수, 세계의 고속철도, 골든벨, 1999

김성연, 피복재료학 , 교문사, 1975.

김용주, 김상용, 섬유공업시험, 문운당, 1985

김정룡, 윤상영, 조영진, 편홍국(1998), 감성 형용사의 복합적 응용을 통한 공연장용 의자의 설계, 1998년 추계학술대회 초록, 대한인간공학회, 515-520

박미자, 강현정, 신수길, 한광희, 황상민(1998), 형용사의 의미측정과 색채 이미지 연구, 1998 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 178-181

박수진, 장준익, 정찬섭(1998), 범주-차원의 혼합을 통한 감성조사의 단순화 전략: 직물 패턴의 감성조사를 중심으로, 1998 추계학술발표논문집, 한국감성과학회, 230-236

박수진, 장준익, 정찬섭, 직물디자인 감성 이미지 스케일, 연세대학교, 98한국 감성과학회 추계 학술대회.

송현주(1993), 제품 디자인 이미지 평가를 위한 시각적 척도 개발에 관한 연구, 한국과학기술원 석사학위논문

신수길(1998), 국가 간 감성이미지의 비교 연구: 색채와 언어 이미지 척도를 이용한 제품 이

미지의 평가, 한국감성과학회지, 1-1, 161-169

이석정, 양종열, 홍정표(1999), 디자인 방법에서 신제품개발의 제품속성추출 측면에 관한 연구, 1999 한국감성과학회 춘계학술발표논문집, 63-66

정선화, 윤봉식, 김태호(1999), 신제품디자인 컨셉형성에 대한 프로토타입 이론의 적용, 1999 한국감성과학회 춘계학술발표논문집, 59-62

최자영, 이현주, 오대욱, 임춘성, 직물디자인이 감성공학적 분석 방법론 연구, 98 춘계 학술 발표지.

포항공과대학 산업공학과, 한국인 체형에 맞는 차량내 공간배치에 관한 조사연구, 연구보고서, 1992

한국경제신문, 1999년 9월 18일 토요일, pp. 29-32

한국표준과학연구원, 고속전철 시트의 인간공학적 설계연구, 연구보고서, 1998

한국표준과학연구원, 국민표준체위 조사 보고서, 1997

한국표준과학연구원, 자동체형 감지시트 시스템 개발, 연구보고서, 1998

한대영, 김현진, 전시문(1999), 감성평가를 통한 식기세척기의 설계요소 추출, 1999 한국감성과학회 춘계학술발표논문집, 109-112

홍경희, 홍성애, 쾌적성의 측정과 응용, 섬유기술과 산업,2(4), 1998.