철도차량 무궁화 객실 의자 개선에 관한 고찰

The research regarding a railway car mugunghwa of passenger compartment chair improvement

윤차중* 박세진** 소진섭***

Yun, Cha-Jung Park, Se-jin So, Jin-Sub

In domestic interurban railway which runs between miles away city has foot rest for each chair. One of the interurban train Muunghwa, the chair can rotate in each direction. When chair rotates the foot rest gets damaged related to the position. Up to now many various solution was made to clear this problem but effect was insufficient. So solve this problem, approach was made in human body engineering point of view. Also Advanced country case study was made. Through this research the field point of issue will be cleared and so as customer satisfaction. This paper describes the effective methode to improve the foot rest damage problem.

1. 서 론

철도차량 중 무궁화호의 의자는 고객의 필요에 의해서 또는 진행방향의 변경으로 인해서 의자를 회전하게 된다. 이때 발걸이가 완전히 복귀되어있지 않은 상태로 회전하게 되면 의자 고정회전스토퍼에 부딪히게 되고 이때 충격으로 인해 발걸이를 지지하는 브라켓이 파손되어진다. 이를 해결하기 위해서 유지보수 현장에서는 다각적인 해결방안을 모색하고 있다. 그러나 각 소속별로 추진하다보니 효과성이 미미하고 열차운행에 크게 지장을 초래하는 부분이 아니고 대다수 이용 고객에게 눈에 띠게 불편을 초래하는 내용이 아님으로 인해 시급성을 가지고 해결방안을 모색하지는 않았던 것으로 판단된다. 하지만 유지보수하는 현장에서는 많은 애로 사항이었다는 것을 알게 되었다.

본 연구과제 추진을 위해 표 1과 같이 6개 소속의 업무담당자와 유선통화를 거쳐 소요수량과 내용에 대하여 현황을 조사하였다.

이를 바탕으로 무궁화호 객실의자 발걸이 브라켓이 파손될 경우 이를 유지보수하는데 소요되는 비용을 절감하고자 하는 목적과, 현장직원들의 정기검수 외에 발생되는 업무로 인한 애로사항, 교환하는 작업상의 어려움등을 해결하고자하는 목적으로 실용화 과제로 추진하게 되었다. 도출된 개선 방안에 대하여 코레일의 관계부서 의견을 반영하여 무궁화호 전 차량의 의자에 적용함을 최종 목적으로 추진하였다.

표 1. 기획연구 과정에서 일부소속의 소요수량

[단위 : EA]

구분	계	A지사	B지사	C지사	D지사	E관리단	F관리단
소요량	2,294	714	350	30	500	500	200

* 책임저자 : 비회원, KORAIL 연구원, 기술연구팀, 차장
E-mail : korea@korail.com
TEL : (042)609-4821 FAX : (042)609-3720
** (정)비회원, 한국표준과학연구원, 의료계측연구단, 단장
*** 정회원, KORAIL 연구원, 기술연구팀, 차장

2. 본 론

2.1 현황조사

2.1.1 발걸이 지지브라켓 파손 원인 현황조사

의자 발걸이의 스프링 복원력 불량으로 발걸이가 완전히 상승되지 않은 의자를 회전하는 경우 의자발걸이가 고정핀에 접촉되어 그 충격으로 발걸이 브라켓이 파손되게 된다. 그 과정을 보면 그림 1에서 3과 같이 발걸이가 완전히 상승되지 않은 채 의자를 회전하게 되면 의자 고정용 스토퍼에 발걸이가 걸려서 의자에 취부되는 브라켓이 절손되어진다.

그림 1.의자 회전

그림 2.스토퍼에 접촉

그림 3.브라켓 절손

표 2. 지사 조사양식 (G지사)

소속	년 도	구입수량	구입금액 (천원)	소요(파손) 수량	자체보수 수량	예비품수 량	비고
H 차량 사업소	2005	6	217	6	0	0	
	2006	12	434	12	0	0	
	2007	1	36	1	0	0	
I 차량 사업소	2005	100	3,620	68	0	62	
	2006	30	1,086	74	0	18	
	2007	98	3,349	79	0	37	
계	2005	106	3,837	74	0	62	
	2006	42	1,520	86	0	18	
	2007	99	3,385	80	0	37	

표 3. 차량관리단 조사양식 (E관리단)

○ 일반 무궁화호용 발걸이(중앙조달)						
년도	구입수량	구입금액(천원)	소요(파손)수량	자체보수수량	예비품수량	비고
2005	1500	37,200	-	-	1500	
2006	30	710	1530	-	-	
2007	-	-	-	-	-	
○ 일반무궁화호용 발걸이(지방조달)						
2005	330	11,724	452	-	130	
2006	330	9,801	260	-	200	
2007	300	8,330	282	-	218	
○ 신조무궁화호용 발걸이(디자인리미트)						
2005	115	4,095	-	-	115	
2006	50	1,775	130	-	35	
2007	30	998	40	-	25	
※ 합계						
2005	1,945	53,019	452	-	1,745	
2006	410	12,286	1,920	-	235	
2007	330	9,328	322	-	243	

표 4. 무궁화 발판 브라켓 소요량 조사결과

년도	소요(파손)수량	구입수량	구입금액(천원)	자체보수량	예비품수량
2005	2,065	2,891	78,210	1,630	3,026
2006	4,108	1,192	35,539	1,632	1,949
2007	2,481	1,269	29,006	1,181	1,171
계	8,654	5,352	142,755	4,443	6,146
평균	**2,884**	**1,784**	**47,585**	**1,481**	**2,048**

2.1.2 연간 소요량

본 과제에 대하여 현장에서 발생되는 애로사항이 어느 정도이며 발걸이 지지브라켓 파손 및 소요수량에 대하여 정확한 실태파악을 통해 과제 추진방향과 실용화 적용 방안 등을 수립하는데 활용하기 위하여 12개지사와, 2개 철도차량관리단에 대하여 최근 3연간 구입 및 소요수량과 개선방안에 대하여 조사하였다. 표 2와 표 3은 지사와 차량관리단 조사양식이며, 그 결과는 표 4와 같이 연간 평균 약2,880가 파손되어졌고, 신품 구입은 연간 1,780개가 구입되었으며 이는 구입평균 단가로 계산할 경우 약 47백만원의 비용이 소요된 것으로 조사되어졌고, 자체적으로 보수하여 사용하는 수량도 1,480여개인 것으로 조사되었다.

2.1.3 원인 분석을 위한 현황조사

그림 4와 같이 복귀 시 의자 등받이 브라켓과 충격을 완화해 주기 위한 댐퍼 마모 또는 탄성 약화로 인해 충격시 민원이 발생됐고 그 민원을 해소하기 위해 댐퍼를 교환하기 위해서는 의자를 철거해야하는 등의 작업시간 및 공정이 길어짐으로 인해 댐퍼를 교환하지 않고 2개 있는 스프링 중 하나를 철거하는 방법으로 유지보수하다 보니 결과적으로 스프링 장력이 약화되어 발판이 복귀되지 못하고 의자 회전시 지장물에 걸려 파손의 원인이 되고 있다. 또한 고무댐퍼는 구조상 쉽게 빠지지 않는 구조로 되어있고, 겉 표면에 Bonding 되어있어서 쉽게 빼낼 수가 없는 어려움이 있다. 유지보수자 입장에서는 열차의 안전운행 또는 고객에게 직접적으로 큰 불편을 초래하는 부분이 아니라서 유지보수의 우선순위에서 뒤로 밀리는 경우가 있다. 의자 상태 검수시 고무댐퍼 위치가 쉽게 눈에 띠지 않고 탄성의 약화정도를 육안으로는 판단하기에는 어려움이 있으며 의자 발걸이 브라켓의 댐퍼 교환 공정이 검수규정에 명문화 되어있지는 않다는 내용 등이었다.

그림 4. 의자발걸이 복귀시 충격 완화용 댐퍼 및 발걸이 스프링 형태

2.1.4 의자발걸이 활용도 조사

(1) 단거리 이용고객 (충북선)

단거리 이용고객을 조사하기 위해서 선택한 선로는 충북선 대전에서 옥천구간 이용고객 126명을 대상으로 2008.9.22 ~ 26일까지 5일간에 걸쳐서 주로 출퇴근 하는 고객을 대상으로 조사하였으며 그 결과는 그림 5 와 같다.

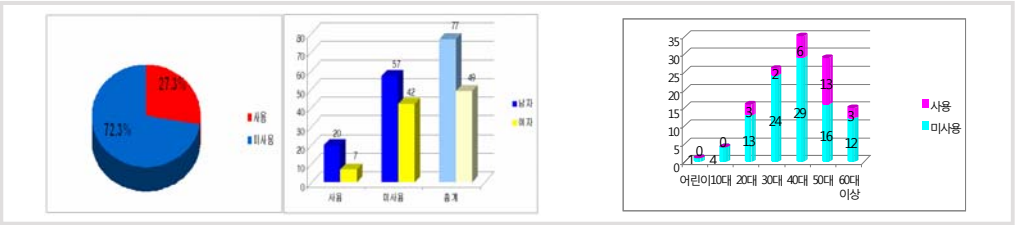


그림 5. 단거리 이용고객 중 발걸이 사용현황(성별, 연령별) 스프링 형태

(2) 장거리 이용고객 (호남선)

장거리 이용고객을 조사하기 위해서 선택한 구간은 호남선 대전에서 익산구간 이용고객 810명을 대상으로 2008.9.27일날 조사하였으며 그 결과는 그림 6과 같다.

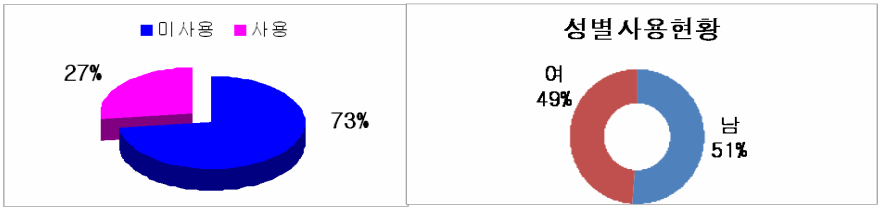


그림 6. 장거리 이용고객 중 발걸이 사용현황 (성별)

2.1.5 해외사례 조사

차 종	객실 종류	의자사진	유무	차 종	객실 종류	의자사진	유무
독일:ICE3	특실		○	일본 N700계	특실		○
이탈리아 ETR 600			○		보통		×
프랑스 TGV			○	JR 열차 211계	특실		×
SHINKANSEN EMU E4계	특실		○	RAPIT-β (50000계)	특실		×
	보통		×		보통		×

차 종	객실 종류	의자사진	유무	차 종	객실 종류	의자사진	유무
HARUKA (281계)	특실		○	일본 RELAY TSUBAME (JR 큐슈)	특실		○
	보통		×	ROMANCE CAR LSE (7000형)	특급		×
SHINKANSEN EMU 300계	특실		○	ROMANCE CAR EXE (30000형)	특급		×
	보통		×	ROMANCE CAR VSE (50000형)	특급		×
SHINKANSEN EMU E2계	특실		○	EUROSTAR-ITALIA	특급		○
	보통		×	독일 ICE 1	특실		○

※ 특급 : 열차에 보통실 또는 특실 구분이 없이 열차전체가 특급으로 구분된 경우

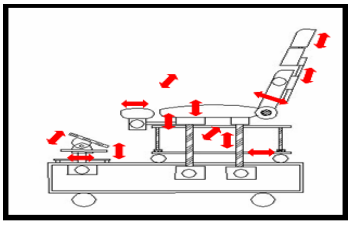
2.1.6 의자 개발시 적용 사례

(1) 의자제작시 적용 Data

(가) Seat Buck 을 활용한 의자 각도 data

의자 제작사에서는 Seatbuck를 이용해 인체가 평균적으로 가장 편안함을 느끼는 각도를 측정하고 반영하고자 하였다.

구 분	고정상태	변동상태
엉덩이각도	95 °	110 °
무릎각도	95 °	135 °
발목각도	100 °	90 °
목각도	30 °	0 °
어깨굴곡	25 °	0 °
어깨외전	15 °	15 °



Laboratory Seatbuck

그림 7. Seatbuck을 이용한 인체가 느끼는 편안한 각도

(나) 의자제작에 활용된 인체 data

구 분	발길이
Min.	197
Max.	264
Mean	230.8
S.D.	15.8

표 5. 발 Size 적용치

구 분		발받침 높이	양쪽 발 거리
여유 자세	Mean	111.4	336.2
	S.D.	5.8	40.5
확장 자세	Mean	113.7	350.6
	S.D.	7.2	39.9

표 6. 발받침 관련 요소

(2) 우리나라 인체 사이즈 조사

기술표준원에서 시행하고 코리아 리서치에서 용역 수행한 2007년 Size Korea 용역 보고서 내용 중에서 철도차량 의자를 만드는데 필요할 것으로 보인는 data를 일부 발췌하여 제시하면 표 7, 8과 같다.

표 7. 남성 Size

구 분	평균	20대	30대	40대	50대	60대
앉은 무릎높이	502.8	519	504	500	495	496
앉은 오금높이	393.6	408	392	394	387	387
발 너비	98.8	100	96	97	101	100
발 직선길이	247.6	255	245	246	247	245
다빈도 체형		사각체형	작은 사각체형	작은 사각체형	사각체형	역삼각 체형

표 8. 여성 Size

구 분	평균	20대	30대	40대	50대	60대
앉은 무릎높이	466.2	477	459	472	467	456
앉은 오금높이	361	374	358	366	360	347
발 너비	92.2	91	92	93	93	92
발 직선길이	228.8	231	225	230	230	228
다빈도 체형		작은 역 삼각체형	작은사각 체형	사각체형	사각체형	큰 사각 체형

2.1.7 철도고객 이용 형태 조사

(1) 성별 및 연령별 이용현황

철도교통을 이용하는 고객을 대상으로 코레일에서 주관하여 코리아리서치에서 시행한 2007 「교통수단 이용행태 파악을 위한 소비자 조사보고서」에서 성별 및 연령별 이용현황은 아래 도표와 같으며 전체 표본은 2006년 : 10,294명, 2007년 : 12,746명을 대상으로 시행한 내용으로 결과는 그림 8과 같다.

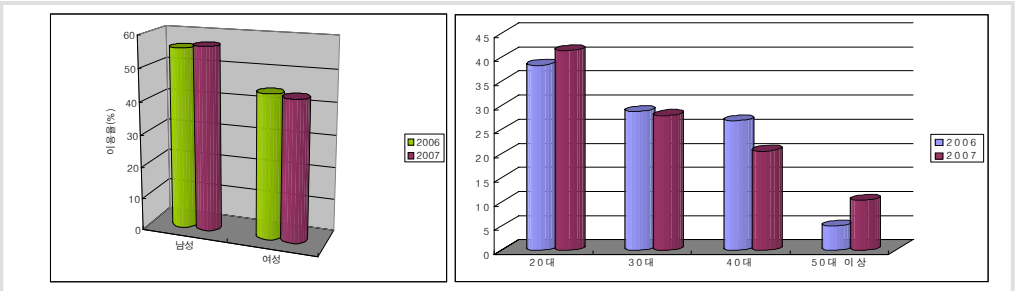


그림 8. 성별 및 연령별 이용현황

(2) 차종별 이용고객 현황

차종	이용률	고객
KTX	53.6%	4,424
새마을	21.4%	1,765
무궁화	25.0%	2,066
계	100%	8,255

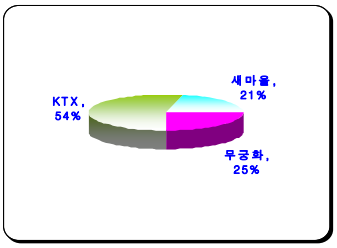


그림 9. 차종별 이용현황

(3) 차종별 여객 수송 현황

표 9. 2008.8월 차종별 여객 수송현황

차 종	월 운행 열차수	공 급 좌석수	승차인원	수입 (백 만원)	승차율 (%)	1인당 수입(원)
KTX	4,898	4,465,341	3,329,822	89,134	54	26,750
새마을호	2,540	901,290	1,061,376	15,159	55	14,279
무궁화호	9,596	3,505,400	5,276,298	33,525	65	6,355

- 출처: KORAIL IBS 영업정보시스템 -

2.2 완충용 고무 형상 변경 및 일체교환

현 무궁화호 의자 발판(footrest)은 사용 후 스프링 탄성에 의해 자동 복귀되도록 되어있고 이때 발생되는 충격이음을 완화하기 위한 댐퍼가 있다. 이 댐퍼가 마모되었거나 특성을 잃어 경화되었을 경우 교환해야 하는데 구조상 쉽게 빠지지 않고, 조립이 어려운 [그림 10], [그림 11]과 같은 구조로 되어있고, 또한 조립시에는 운행 중 진동에 의해 빠지는 현상을 방지하기 위하여 겉 표면에 Bonding 처리 후 채결하기 때문에 쉽게 빼낼 수가 없는 등 유지보수하기에 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 기존의 댐퍼형상을 [그림 12], [그림 13]과 같이 댐퍼 조립부 형상을 중앙의 볼록한 부분을 없애고 크리스마스트리 형상으로 변경하고, 취부 방법에 있어서 빠지지 않도록 하기 위해 취했던 Bonding 작업은 생략하고 취부하는 방안을 제안하고 싶다. 또한, 검수절차에 의자 상태검수 항목으로만 되어있는 내용에 중정비 시에 고무댐퍼의 마모 등 상태검사 하는 것도 필요할 것으로 보이며, 경년변화로 인해 고무댐퍼가 그 탄성을 잃어버려 경화될 수 있기 때문에 4년~5년 주기로 일체 교환하는 방법을 개선(안)으로 추천하고 싶다.

(1) 기존품

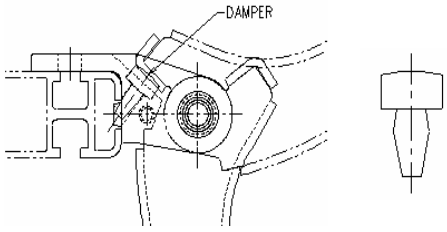


그림 10. 기존 Footrest 구동부의 충격이음 방지 Damper

그림 11. 현 사용중인 고무댐퍼 사진

(2) Damper 개선(안)

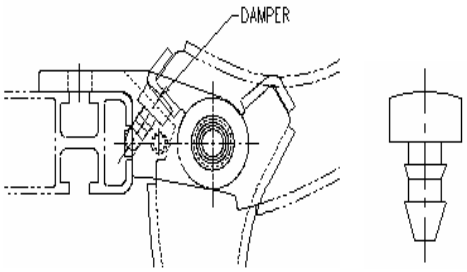


그림 12. 개선(안) Footrest 구동부의 충격이음 방지 Damper

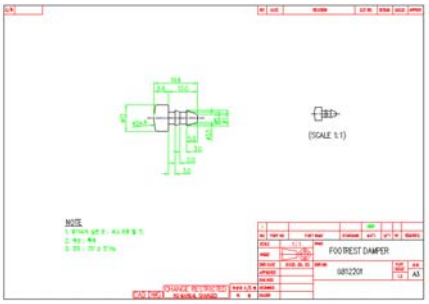


그림 13. 완충용 고무 댐퍼 개선(안) 도면

(3) Damper 개선(안)적용시 선행조건 검토

무궁화호 의자 발걸이 구조로는 복귀용 스프링이 [그림 4]와 같이 두 가지 형태로 되어 있으며, 발걸이 복귀시 완충용 고무가 마모되었을 경우 혹은 그 탄성이 약화되어 댐퍼로써의 기능을 상실한 경우 앞 의자에 앉아있는 승객에게 불편함을 주어 민원대상이 되어왔다. 이 를 해결하기 위해서 두 개의 스프링 중 하나를 철거하거나 스프링 하나에 권수를 증가시켜 탄성을 약화시키는 유지보수 방법을 수행하였다. 그러나 초기에는 하나의 스프링만으로도 복귀 기능에 문제가 되지 않았으나, 사용 횟수가 증가하고 시간이 경과함에 따라 하나의 스프링만으로는 발걸이를 원위치로 복귀시킬 수 없는 문제를 야기했다. 이러한 유지보수 방법으로 기 시행한 내용은 본 개선(안)을 시행하더라도 계속적으로 문제를 유발시킬 수 있는 잠재적 원인으로 남아있게 될 것이다. 따라서 근본적으로 문제점을 해결하기 위해서는 댐퍼 교체시 스프링 기능을 원형보수하고 시행할 필요가 있다고 판단된다.

2.3 구조 및 재질 구조개선 방안

본 개선(안)은 부산지사에서 제시한 내용으로 처음 연구과제 제안서 내용으로써, 문제점을 해결하기 위한 수단으로 발걸이 지지브라켓의 재질을 연성인 알루미늄에서 강성인 재질로 변경하여 쉽게 부러지지 않도록 하자는 내용과, 브라켓이 부러졌을 경우 쉽게 교환할 수 있도록 구조를 바꾸어서 지지브라켓 교체 작업공정을 단축함으로써 유지보수를 원활히 하고자하는 내용이었다. 위 내용은 일부 고려해야 할 부분이 있을 것으로 판단된다. 지금까지는 알루미늄으로 되어있는 브라켓이 회전스토퍼에 걸려 일정 충격을 받으면 부러짐으로써 그 힘이 소멸됐지만 부러지지 않으면, 계속되어지는 충격으로 인한 피로도 누적은 회전스토퍼 혹은 의자근간에 까지 영향을 미치게 될 가능성이 있기 때문이다. 또한, 브라켓의 구조를 개선하여 작업공정을 줄이고자 한 내용은 이미 브라켓이 부러진 뒤에 행하여지는 내용이라는 점에서 근본적인 개선책으로 보기는 어렵다. 하지만 브라켓이 절손되어 어차피 새로운 제품으로 바꾸어야 하는 상황이라면, 작업공정을 줄일 수 있는 방안으로써 신품 구입시 반영 하는 것이 타당하다고 판단되어진다.

2.4 의자 발걸이 철거

일반 고급 승용차의 의자는 특정인을 위해 전, 후, 상, 하 그리고 편안한 각도 조정이 가능하도록 제작되어지기 때문에 사용자로 하여금 편안함을 느낄 수 있는 조건을 어느 정도는 만족시킬 수 있다. 하지만 철도차량 의자의 경우는 불특정 다수가 이용하는 시설이며, 이러한 고객들을 대상으로 평균치를 적용한다 하더라도 인체공학적으로 만족할 만한 의자를 적용하여 제공한다는 것은 운영자 입장에서는 어려움이 있다고 판단된다. 또한 해외 선진 철도차량의 의자에 발걸이 채택여부를 조사한 경우에서 알 수 있듯이 대부분 특실에만 발걸

이를 채택하고 있다는 것이 이를 뒷받침 할 수있는 근거라 할 것이다. 그러나 현재 무궁화호 열차는 월 500만명이 넘는 고객이 이용하고 있고 이용고객 중 발걸이를 사용하는 고객이 약 27%인 점을 고려할 필요 있다. 물론 이용고객이 조사시점에서 사용 중인 경우이며 도착지 까지 계속 사용하는 경우는 아니라는 것과 사용고객이 완벽하게 편안함을 느끼는가의 여부는 검토되지 않은 조사결과임을 고려할 필요가 있다.

3. 결론

철도차량의 의자 발걸이 구조상 현 상태에서 브라켓 파손 방지대책은 발걸이의 전면적인 구조 및 재질 개량을 위한 새로운 디자인이 이루어져야 근본적인 해결이 가능할 것으로 판단된다. 그러기에는 철도 운영자 입장에서는 기존 이용하고 있는 제품을 모두 철거하고 새로운 형태의 발판을 채택해야 하는데 그러기에는 투자 비용대비 효과 측면에서 실행하기에는 어려움이 예상된다. 그러므로 현시점에서 발걸이 브라켓 파손을 방지하기 위한 방안으로는 발걸이의 활용도와 그 발걸이가 인체공학 측면에서 얼마나 편안함과 안락감을 주고 있는지 판단하고 결정할 필요가 있을 것으로 판단된다. 특히 철도차량 의자는 앞서 말했듯이 불특정 다수가 이용하는 시설로써 인체공학적으로 전체 이용고객을 만족시키기에는 대단히 어려운 부분임을 고려하고 차후 새로운 철도차량에 적용하는 의자 제작시에는 발판의 필요성, 적용구조와 형태 등을 결정하는데 신중하게 접근할 필요가 있을 것으로 생각되며, 발판을 채택하지 않았을 때 생기는 공간 활용도 또한 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 코리아리서치, 2007.8, “교통수단 이용형태 파악을 위한 소비자 조사 보고서”
2. 기술표준원, 2007, Size korea 용역 보고서
3. 박세진, 2007, “인간공학 연구 사례집(I)”, 한국표준과학연구원 보건그룹.
4. 구재광,2007, 추계철도학회, “도시철도차량 시트의 안락성 평가 및 분석”
5. 박세진, 1999, “안락한 고속전철시트 설계방법 개발”, 한국표준과학연구원.