

후면 충돌시 HEAD RESTRAINT SYSTEM의 효과에 관한 연구

이 창 민

동의대학교 산업공학과

ABSTRACT

95년도 한국 교통사고 통계에 의하면 사망자의 73%가 두부(Head), 경부(Neck)에 손상을 입고 있으며 부상자의 22%는 두부에, 20%는 경부에 부상을 입고 있다. 사고 형태로도 여러 사고 형태중 고속도로 혹은 시내주행시 후면 충돌에 의한 사고가 큰 비중을 차지하고 있다.

본 연구에서는 현재 일반적으로 사용중인 Head Restraint 시스템의 효과와 그 사용 방법에 따라서 인체에 미치는 영향을 충돌 모의실험이 가능한 DYNAMAN Package를 사용하여 고찰하였다.

충돌시험 속도인 30mph 후방 충돌 Test 시 Head Restraint(H/R)을 사용하지 않을 경우는 Head Injury Criterion(HIC)이 한계치 1000을 상회하는 것은 물론 경추의 신전 한계(extension)를 넘어 사망 혹은 하반신 마비의 가능성이 매우 높으며, H/R을 사용하고 있다고 해도 머리높이까지 충분히 높지 않거나 머리와의 거리가 멀 경우 경추의 신전 한계를 넘어 경부의 손상 가능성을 높여 주고 있다. 그러므로 제작자는 머리 높이까지 충분히 구속이 가능한 H/R을 설계 제작하여야 하겠고, 사용자는 H/R을 적절한 위치까지(머리높이)조절하여 사용하도록 하며 머리와의 거리 또한 되도록 가깝게 위치하도록 H/R의 각도를 조절하여 경미한 후면 충돌시에도 머리부위가 H/R을 넘어 경부에 부상을 입지않도록 계몽되어야 겠다.

I. 서 론

교통수단으로서 자동차의 보급율이 급격히 증가함에 따라 교통사고로 인한 인적, 물질적 손실 등의 제반 교통관계 문제점들이 새로운 사회문제로 대두된지 이미 오래 되었고 이러한 문제들은 국민총생산에 영향을 줄 정도의 손실비용을 유발시키고 있어 국가 경쟁력마저 떨어뜨리는 역기능을 발생시키고있다. 연간 4만 여명이 사망하고 5-6백만명이 부상을 입고 있는 미국의 경우 이로인한 손실 유발비용이 연간 1370억불에 달하고 있다고 한다.(1) 우리의 경우는 연간 1만여명의 사망하고 35만명이 부상당하고 있는 실정이나 우리의 손실비용 또한 가이 짐작이 가는 수치이다. 특히 서울과 부산 등의 6대도시는 전체인구의 47.8%가 모

여 살고 있으며 전체 자동차 보유대수의 49.8%를 보유하고 있고, 작년말 현재 인구 6명당 1대의 보유율을 기록하니 도시 교통문제의 심각성 및 사고의 심각성을 예고한다 할 것이다. 자동차 보유대수의 증가와 도시중심의 생활 방식은 인구의 이동 효과를 유발하여 도시 내에서의 사고는 물론 고속도로의 사고를 증가 시키고 있다. 그림 1 에서 보느냐와 같이 95년도 자동차 사고중 단일 사고로 가장 큰 비중을 차지하는 것이 추돌사고이며 약 20% 수준에 이르고 있다.(2)

우리가 잘 알고 있듯이 자동차는 충돌, 추돌 사고시 인체를 보호해 주기 위하여 여러 가지 안전 시스템을 보유하도록 되어있다. 미국은 1970년 이후 New Car Assessment Program(NCAP)에 의해 새로이 생산되는 자동차는 NCAP에서 정하는 바에 의하여 35MPH 정면 충돌 시험을 거쳐 소정의 기준치를 통과하여야만 시판이 허락되도록 하고 있다. 이러한 규정속에는 Structure, Injury Measure, Restraints/Dummy Kinematics, Head restraints(H/R), Bumper 그리고 Overall Evaluation이 있다.(3) 우리가 사용하고 있는 차는 어떠한가?

본 연구에서는 교통사고중 가장 큰 비중을 차지하는 추돌사고에 관련되는 안전 시스템인 Head Restraint System의 구속효과와 추돌시 Dummy의 Dynamic을 조사하여 H/R System의 올바른 제작과 사용법을 제시하고자 한다.

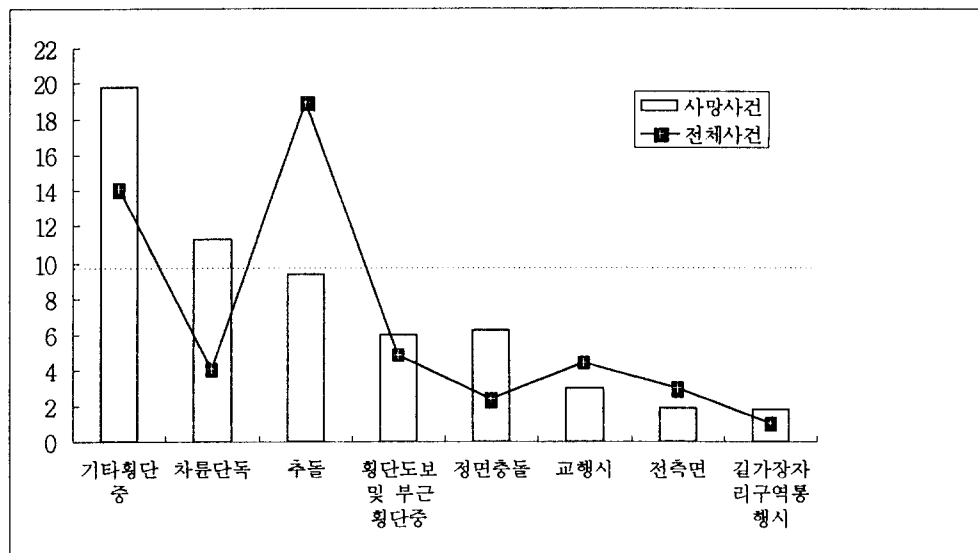


그림. 1 주요 사고종류별 발생건수 구성비 비교

II. 연구방법

자동차 충돌 연구는 Crash Test Program인 정면 충돌 시험과 이에 대한 사전 실험으로써 computer 를 이용한 모의 실험 방법이 있다. 실제 충돌 시험의 경우는 경비가 많이 드는 것은 물론 초기 설계 단계에서는 전체 형상을 갖출 수 없으므로 부분 설계에 의한 모의 실험을 통한 반복 실험을 통하여 시제품으로 완성 설계에 들어 가게된다. 본 연구에서도 이제까지 사용된 여러 구속 시스템과 함께 여러 가지 변형된 H/R의 성능을 모의실험을 통하여 결과를 도출하였다.

2.1 Head Restraint

부상을 최소화 하기위하여 모든 생산자동차는 정부(미국등)에서 정하는 규정 규격을 충족하여야한다. rear-end crash(추돌)시, 시트등받이(seat back)와 H/R은 탑승자의 후방방향 충격으로 부터의 가능한 부상을 최대한 감소시켜주는 역할을 하도록 설계된다. 특히 추돌시 머리가 후방으로 심하게 젖혀지는 현상을 방지하도록 하는 보호 장치인 H/R의 부착을 의무화하고 있다. 뒷좌석은 의무사항은 아니지만 대부분 차들이 보유하고 있다.

생산기업들의 설계상의 차이로 각각의 차량들의 H/R이 그 형태가 다르고 또한 어떤 것은 고정식 어떤 것은 조절식으로 되어있다. 더욱이 신체 size가 모두 다르기 때문에 앉은 키에 따라서 H/R의 높이가 다양하게 위치하게 되며 이에 따라 머리와 H/R과의 거리가 필요이상으로 떨어져 있어서 충격 흡수 역할을 하여 주지 못할 가능성이 있다. 이러한 상황에 대한 인체 상해에 대한 조사가 공개적으로 이루어지지 않는 상황이다. 1995년도 미국에서 발표되는 자료에 의하면 국내 모기업체의 수출 차량의 H/R의 평가는 Good, Acceptable, Marginal, Poor의 등급중 Poor의 평가를 받고 있는 실정이고 보면 이에 대한 연구 조사는 필요하다고 본다.(3)

2.2 Simulation Package

본 연구에서는 DYNAMAN Simulation Package를 사용하여 모의실험을 하였다. DYNAMAN은 Articulated Total Body(ATB) Model에 근거하여 미운수성 안전부(NHTSA)에서 P.C. version으로 사용되는 simulation model로써 신체를 동적 모의실험 및 분석할 수 있는 software package이다.

신체는 spring dampers, belts and airbags와 같은 restraint system의 작용과 규정된 외부 가속, 그리고 바람의 효과등의 외부의 환경과의 상호작용도 모의 실험을 할 수 있도록 설계 되었다. model은 gyroscopes와 double pendulums와 같은 간단한 system의 행동방식과 장애물에 부딪히는 차와 같은 보다 복잡한 systems의 분석이 가능하다. 이 software의 주요한 응용은 충돌을 포함한 vehicle과 occupants의 동작을 분석하는 것이다.(4)

III. SIMULATION

본 연구에서는 추돌시 H/R이 갖는 효과와 H/R의 높 낮이별로 인체에 미치는 영향을 DYNAMAN을 이용하여 모의실험 하였다. 단 H/R이 구조상으로 NCAP의 구비조건을 충족한다고 간주하였다.

평가는 세가지 기준에 의하여 조사하였는데 즉 H/R의 높이, 머리와와의 거리 그리고 H/R의 유무로 나누어 조사하였다. 사용된 Human Model은 15개의 Segments와 14개의 Joints로 이루어져있는 미국인 50 percentile Hybrid III를 사용하였다. 실험의 초기 제원은 표 1 과 같다. 그림 2 는 H/R의 높이는 충분하고 H/R의 각도가 70도인 경우의 초기 실험 상태이다.

표. 1 H/R의 형태에 따른 모의실험 제원

구분	H/R장착유무	H/R크기,각도 Large & 90°	Large & 70°	Small & 90°	Small & 70°
1	X				
2	O	O			
3	O		O		
4	O			O	
5	O				O

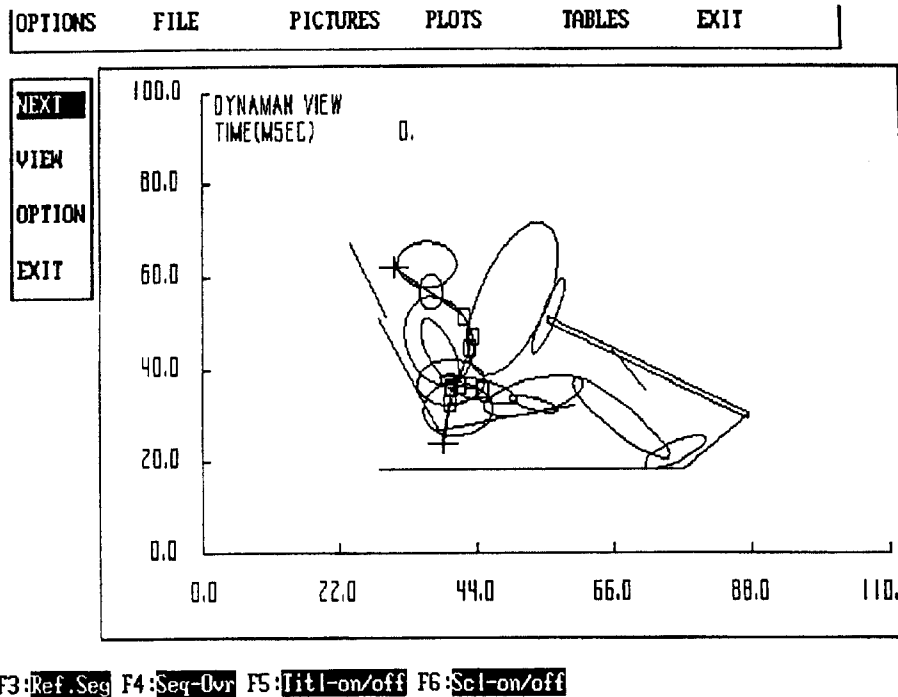


그림. 2 H/R을 장비한 초기제원(Large-70°)모습

IV. 결과 분석

H/R의 test는 H/R이 장착되어있는 경우와 없는 경우로 분류되었고 장착되어 있는 경우도 적절한 높이를 유지하고 있는 경우와 아닌 경우, 그리고 H/R과 머리와 의 거리가 먼 경우와 가까운 경우로 분류되어 실험하였다. 실험 결과는 표 2에서 보는 것과 같다.

H/R의 견고성은 실제의 제품에 따라서 Dummy Dymamins를 통제하는데 있어서 중요한 역할을 하는 요소이나 본 모의실험에서는 충돌시 견고히 제 위치를 유지할 수 있다고

가정하였다. 또한 기존의 구속 시스템인 Lap/shoulder belt는 동시에 사용되고 구속 시스템으로써의 역할을 할 수 있도록 실험제원이 구축되었다.

인체의 손상 여부를 결정할 수 있는 요인은 지금까지 생체역학적으로 사용되어온 HIC, Head/Neck Deflection angle, 그리고 Deflection force를 사용 하였다.(5) 즉 HIC 값은 머리 부상의 기준치인 1000을 기준으로 적용하였고 Head/Neck deflection angle의 경우는 굴곡과 신전을 각도계를 이용하여 측정할 경우 앉거나 선 자세의 외측에서 턱을 가슴쪽으로 기깝게 움직인 각도를 측정하였고, 신전은 축을 중심으로 굴곡의 역 방향인 후방으로 움직인 각도, 즉 목을 뒤로 젖혀 친장을 분배의 운동을 측정하며 신전의 평균운동 범위는 45도이다.(6) 그러나 신전의 최대 부상 한계치는 70도(7) 이므로 이값을 안전기준치로 사용하였고, Deflection force는 Mertz 와 Patrick의 머리 최대 허용 Force 인 250lbs를 부상 한계치로 하였다.(8)

표 2 에서 볼 수 있듯이 H/R이 있는 경우와 없는 경우는 인체 손상 여부가 큰 차이가 있음을 알 수 있다. H/R을 장착하지 않는 경우는 HIC 값이 1000을 훨씬 상회하고 있어 머리의 손상을 가져오고 경부 부위의 신전 각도가 110도를 넘고있어 경부의 큰 손상을 초래하여 심한 경우 사망에 이르는 손상을 입고 있는 상황이다. 다행히 대부분의 승용차는 H/R을 장비하고 있어 이러한 두가지 상태의 부상을 입고 있지는 않지만 실험 결과에 의하면 H/R의 상태, 위치에 따라서 인체 부상 정도가 크게 차이가 있음이 입증 되었다.

표. 2 H/R의 제원별 모의 실험 결과

구 분			HIC	Deflection Angle	Deflection Force
Head Restraint 장치됨	Large	90°	395	43°	250 lbs
		70°	784	75°	296 lbs
	Small	90°	493	60°	335 lbs
		70°	776	79°	335 lbs
Head Restraint 장치않됨			1382	110°	-

H/R의 높이가 충분하고 각도가 90도를 이루고 있어 머리와 의 거리가 가까운 경우는 HIC 값은 물론 경추 부분의 Deflection angle 도 신전의 운동 범위내에 있어 매우 안전함을 보여주고 있다(그림 3). 그러나 H/R의 높이가 충분히 높아도 머리와 의 거리가 먼 경우는 HIC 값은 1000 이하이나 Deflection angle이 부상 범위를 상회하여 부상의 가능성을 보여주고 있다(그림 4). 또한 H/R의 높이가 머리위까지 충분하지 못한 경우는 H/R의 각도가 90도를 이루고 있어 머리와 의 거리가 가깝게 유지하나 충돌시 머리가 뒤로 넘어가 신전의 부상 한계에 근접하고 Delection force 도 250lbs를 넘어 경부 부위의 부상 가능성을 보여주고 있는 것이다(그림 5). 물론 높이도 충분하지 못하고 머리와 의 거리가 먼(70도의 경우)경우는 HIC 값은 안전 범위내에 있으나 Deflection angle, Deflection force 의 부상 한계치를 초과하고 있다(그림 6). 각 그림에서 머리가 심하게 뒤로 젖혀진 Dummy는 H/R을 장비하지 않고있는 승객석 Dummy의 Dynamics이다.

앞에서도 언급 되었지만 이 모든 경우의 실험은 충돌시 H/R은 물론 Seat back이 구조적으로 제 기능을 수행한다는 가정하에서 모의실험한 것이다.

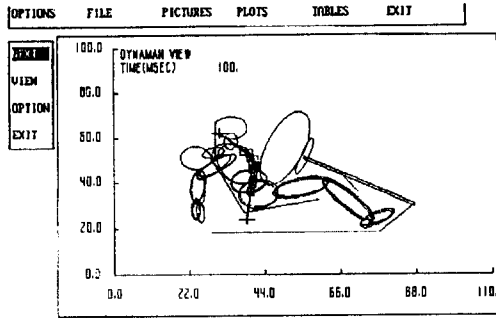


그림. 3 Large-90° (100msec)

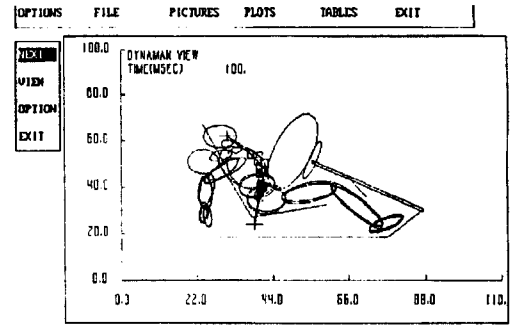


그림. 4 Large-70° (100msec)

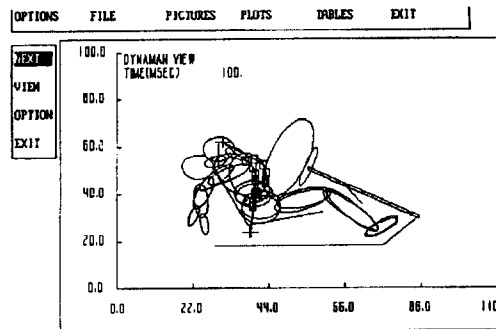


그림. 5 Small-90° (100msec)

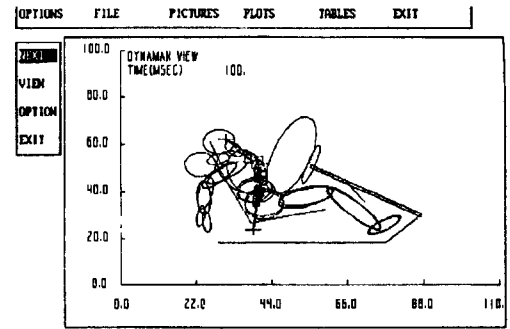


그림. 6 Small-70° (100msec)

V. 결론

추돌시의 인체 부상정도는 통계적으로 입증되어 있으나 이제 까지 살펴 본바로는 이를 방지하기 위한 우리의 노력은 등한시 되고 있었다. 모의 실험 결과에서 보았듯이 H/R의 올바른 설계와 그 사용은 부상의 효과를 크게 감소시킬 수 있는 것이다. 일반적으로 고정된 H/R의 사용이 추천되었는데 이는 조절가능 H/R을 사용할때 대부분의 운전자들이 조절위치에서 Full Down 위치에 두고 있었기 때문이다. 또한 충분한 높이를 가진 H/R이라도 Seat 각도와 같거나 더 뒤로 누운 H/R의 위치는 머리와 의 거리를 멀게하여 추돌시 충분한 충격 흡수 역할을 하지 못하고 있고 경부의 신전 한계치를 웃돌아 부상의 가능성을 한층 높혀주고 있다는 것이다. 즉 적절한 H/R의 설계, 올바른 H/R의 사용, 그리고 구조와 성능 면에서도 NCAP의 TEST에서 적어도 Acceptable 수준으로는 평가될 때 기존 구속 시스템에 대한 신뢰를 가질 수 있을것이다.

REFERENCES

1. The Scope of the Problem, Advocates for Highway and Auto Safety, 1995
2. 1995년판 교통사고 통계 분석, 도로교통안전협회, 1995
3. Passengers Vehicle, Insurance Institute for Highway Safety, 1996
4. GESAC.INC., 'DYNAMAN User's Manual Version 3.0' 1992
5. Lee,CM, Andris Frevalds, Biodynamic Simulation of the Effect of a Neck-mounted Airbag on the Head/Neck Responce during High 'G' Acceleration, Journal of Aviation, Space, Environmental Medicine, Vol.62, No.8, 1991, Aug
6. 권 혁철 외 5명, 근육검진학, 정문각, 1996
7. SAE information Report, Human tolerance to impact conditions as related to motor design - SAE J885, SAE Hand book Vol 3, 1989
8. Mertz,H.J., and Patrick,L.M., Strength and responce of the Human neck. SAE paper NO.710855. Society of Automotive Engineers, INC., 1971