

# 인체모형 Rib Loadcell 통을 이용한 흉부특성 분석에 관한 연구

## The Study for Thorax Characteristic Analysis Using by the Rib Loadcell

\*#박요한<sup>1</sup>, 최다은<sup>2</sup>, 전권호<sup>1</sup>, 윤경한<sup>1</sup>, 홍부종<sup>2</sup>

\*Y. H. Park(john@ts2020.kr)<sup>1</sup>, D. U. Choi<sup>2</sup>, J. H. Jeon<sup>1</sup>, K. H. Yoon<sup>1</sup>, B. J. Yong<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 교통안전공단 자동차성능연구소, <sup>2</sup> 경일대학교 기계공학부

Key words : Rib Loadcell, ATD(Anthropomorphic Test Device), Thorax

### 1. 서론

경찰청에서 발행한 2009년판 교통사고 통계에 의하면, 2008년 교통사고 사망자수는 총 5,870명이고, 부상자는 338,962명이다.[1] 그 중 승용자동차 탑승 사망자 및 부상자는 각각 1,342명과 187,017명이다. 승용자동차 탑승 사고 부상자는 전체사고의 절반에 이르지 않지만, 사망자는 전체사고의 약 23% 수준으로 승합 및 화물자동차에 비해 안전한 편이다. 승용자동차 교통사고 중 상해주부위별 부상자 수는 목상해(105,375명), 허리상해(37,859명), 머리상해(15,496명), 가슴상해(7,920명) 순이고, 사망자 수는 머리상해(742명), 가슴상해(265명), 목상해(89명), 허리상해(10명) 순으로 나타났다. 여기서, 교통사고에 의한 사망자수를 교통사고 발생건수로 나눈 값인 치사율을 살펴보면, 머리상해에 의한 치사율은 4.57, 가슴상해에 의한 치사율은 3.23, 얼굴상해에 의한 치사율은 1.76, 목상해에 의한 치사율은 0.1 이었다. 교통사고 발생시 머리와 가슴 부위에 의해 사망하는 확률이 다른 상해부위보다 월등히 높은 것으로 분석되었다. 승용자동차 탑승 사망자 중 머리 및 가슴 부위에 상해를 입히는 주요 요인으로는 조향장치, 창유리, 안전벨트 등이 있다. 안전벨트는 사고시 탑승자가 전방으로 이동해 조향장치나 창유리에 부딪히지 않도록 해야 하는 안전장치지만, 최근 연구결과에 의하면 안전벨트에서 발생하는 하중으로 인해 탑승자의 갈비뼈나 장기의 손상을 일으킬 위험요소가 있을 것으로 결론 내렸다.

또한, 삼성교통안전문화연구소의 2009년 고령자 사고통계 관련 연구보고에 따르면, 정면충돌사고 발생시 고령자의 상해 위험도는 25~54세 연령대에 비해 흉부(2.6배), 두안부(2.3배), 복부(1.9배) 순으로 상해 위험이 높은 것으로 나타났는데, 고령자는 교통사고 시 상해에 더 취약한 것으로 나타났다.[2]

미국 NHTSA 연구보고서에 의하면[3], 고령자는 30~40대 보다 흉부상해가 심각하다. 고령자는 일반인보다 안전벨트 착용률이 높고 낮은 속도에서 사고가 발생하지만, 교통사고 시 흉부상해를 비롯한 상해 위험도는 훨씬 높은 것으로 보고되었다. 세부 내용을 보면, 25세~44세에 비해 75세 이상의 고령자의 상해 부위별 위험도는 머리 1.3배, 흉부 4.3배, 복부 2배 등이다. AIS2+의 흉부상해에 대해서는 25세~44세의 경우는 상대속도가 46km/h이지만, 75세 이상의 고령자는 37km/h에서 유사한 상해정도를 보이는 것으로 조사되었다. 정면충돌에서 이와 같은 상해를 유발하는 원인으로 안전벨트가 58%, 조향장치 26% 순으로 나타났다. 이는 안전벨트를 착용한 고령자가 저속으로 충돌하더라도 일반인에 비해 상대적으로 높은 상해 위험도를 보이는데, 안전벨트의 높은 하중이 탑승자 흉부에 전달되어 상해를 입히는 것으로 유추할 수 있다.[4]

국내 교통사고 통계 및 미국 NHTSA의 연구보고서 등을 통해 볼 때, 현 시점에서는 안전벨트가 또 하나의 상해 요인으로 부각되므로 이를 보완하기 위한 평가 기준 및 측정 장치 등이 필요하다. 현재 자동차 정면충돌시험 등에서 기준으로 사용되고 있는 인체모형은 Hybrid III-50%tile Male Dummy로 흉부에서 측정되는 값은 변위와 충격가속도 등이 있다.

본 연구에서는 기존 인체모형의 갈비뼈 하나하나에서 측정되는 하중센서(Rib Loadcell)를 이용하여 충돌모의 시험을 수행하였다. 이를 통해 기존 안전장치 즉, 안전벨트 및 에어백 등이 흉부에

미치는 특성 등을 분석함으로써 운전자 구속장치와 흉부와와의 상관관계를 파악하고자 한다.

### 2. 연구방법

#### 2.1 시험방법

Fig.1의 충돌모의시험장비는 공압식 가속 추진형 시험 장비로 직경 12인치 구경이고, 차체의 속도는 가속도 센서로부터 측정된 데이터를 적분 및 필터링 등을 통해 구했다. 인체모형은 Hybrid III-50%tile Male Dummy를 사용하였고, 자동차안전기준에서 주로 측정하는 가속도 및 하중 센서와 안전벨트에 가해지는 장력 측정 센서(Belt Load Cell)를 이용하여 시험하였다.

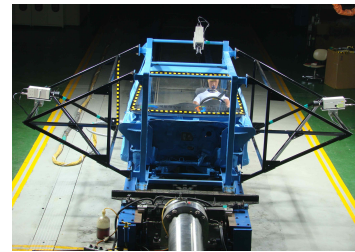


Fig.1 Sled Impact Test Facility

#### 2.2 RIB LOAD CELL

Fig.2는 충돌시험시 인체모형의 Rib 하중을 측정하는 장치로 DENTON 사의 Rib Loadcell/ Spin Assembly 이다. 각 Rib Load Cell는 2개의 독립적인 하중(Fx) 측정 채널로 구성되어 있고, 각 채널의 최대측정가능하중은 2.2kN이다.

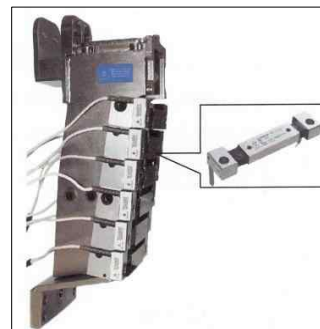


Fig2. Rib Load Cells

인체모형의 갈비뼈는 좌우 6개로 구성되어 있어, 각 갈비뼈의 하중측정을 위해 Rib Load cell도 6개로 되어있다. 로드셀은 Fig.3과 같이 Dummy Spine Box에 Rib과 같이 장착된다.



Fig.3 Spine Box Assembly with Rib Load cells

### 2.3 시험조건

현재 운행되고 있는 자동차에 대해 충돌모의시험을 실시하였고, 시험가속도 조건은 자동차 안전기준 정면충돌속도인 48km/h의 차체 가속도 펄스를 적용하였다.[5]

Table 1 Various test conditions

No.	Seat Position	H-point	Seatbelt	Airbag
T1	Center	Center	standard	standard
T2	Fwd 50mm	Center	standard	standard
T3	Fwd 50mm	Center	low load	low pressure

Table 1과 같이 Seat의 위치, 인체모형의 착석기준점, 안전벨트 및 에어백 사양의 변경 등 다양한 시험조건으로 시험하였다. Seat의 위치 및 H-point는 중간위치에서 전방으로 50mm 이동하여 시험하였는데, 이는 정면충돌시 흉부상해를 많이 입는 고령운전자에 평균적으로 착석하는 위치이다.[6] Belt Load를 감소시키기 위해 Seatbelt의 한계하중 및 에어백의 압력을 낮추어 연구를 수행하였다. 충돌모의시험을 통해 인체모형으로부터 아래와 같은 상해치를 측정하였다.

- 1) HIC, Neck Flexion /Extension, Femur Loads, Belt Loads
- 2) 흉부가속도(g), 흉부변위(mm), Rib Loads

### 3. 시험결과

실차상태의 시험지그에서 운전석만 인체모형을 착좌시켜 정면충돌속도인 48km/h의 차체 가속도 펄스로 3회 충돌모의 시험한 결과, Table 2와 같은 데이터를 얻었다.

Table 2 Test resultants

No.	HIC	Neck F/E(Nm)	Femur(N)	
			Left	Right
T1	422.4	51.6/-8.3	1993.8	2144.5
T2	277.8	73.6/-12.2	1564.3	1651.3
T3	524.7	35.7/-33.7	1267.0	1115.3

No.	Chest Acc.(g)	Chest Def.(mm)	S. Belt Load(N)	L. Belt Load(N)
T1	46.1	51.3	5875.7	8803.3
T2	47.5	42.4	5078.2	7834.5
T3	46.2	26.0	3271.9	8331.3

Table 2에서, T3의 시험결과가 흉부 및 대퇴부 상해, 벨트하중 등에서 작은 값이 나왔고, T2의 머리상해가 가장 작은 값으로 측정되었다. 흉부상해를 보면, 흉부가속도는 거의 편차가 없으나, 흉부변위는 시험조건에 따라 약 20%씩 감소하는 차이를 보였다. 이는 인체모형의 흉부의 이동을 구속하는 안전벨트의 영향으로 볼 수 있는데, 그 중 어깨하중(S. Belt Load)의 영향이 크다고 볼 수 있다.

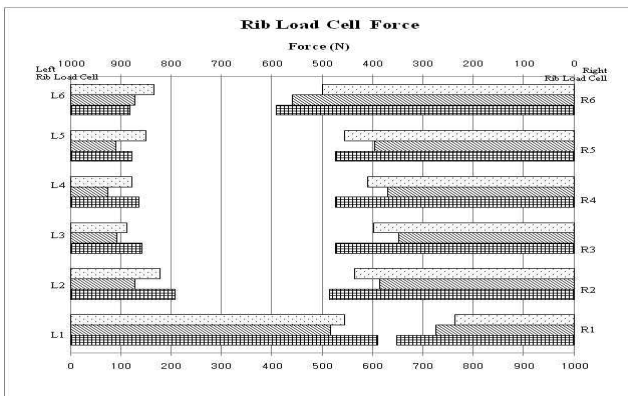


Fig.4 Rib Load Cell Force (Left, Right)

Fig. 4는 시험별 Rib Load Cell에 측정되는 하중을 나타낸 그래프이다. 인체모형 형상과 같이 좌·우로 구분하여 각 Rib에서 측정되는 하중을 막대그래프로 표시하였다. 흉부 좌편은 첫 번째 갈비뼈가 가장 큰 하중 값이 측정되었고, 흉부 우편은 여섯 번째 갈비뼈에서 가장 크게 측정되었다. 이는 흉부인체모델로 해석한 결과와 유사한 결과이다.[7] 흉부 좌편의 경우, 첫 번째 제외한다면 나머지 갈비뼈에서 측정되는 하중값은 거의 편차가 없이 작은 값이다. 이와는 반대로 흉부 우편은 첫 번째를 제외하곤 좌측 갈비뼈에서 측정된 하중의 약 3배의 값이 측정되었다.

또한, 각 시험별로 T3의 흉부변위가 가장 작은 값이지만, Rib Load Cell에서 측정된 하중은 T2의 시험결과 전반적으로 T3보다 작은 것으로 나타났다. 이는 어깨하중 및 흉부변위가 작은 값이 나오더라도 안전벨트 및 에어백 조건이 변경된 경우, 갈비뼈에서 측정되는 하중은 오히려 클 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 HybridIII-50%tile male Dummy에 Rib Load Cell을 장착하여, 인체모형의 착좌위치, 안전벨트 및 에어백 변경 등의 시험조건에서 구해지는 안전벨트하중과 흉부변위, 갈비뼈 하중 등 흉부 특성 분석에 대한 연구를 수행하였다. 시험결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 갈비뼈에서 측정되는 하중은 좌편 첫 번째 갈비뼈와 우편 여섯 번째 갈비뼈가 가장 크게 측정되었는데 이는 안전벨트의 고정구 위치에서 가장 가까운 곳에 있는 영향으로 보아 정면충돌 시험시 동일한 경향이 나올 것으로 판단된다.

2) 흉부변위와 Rib Load를 비교·분석하면, 흉부변위는 안전벨트 및 에어백의 사양을 낮추면 줄어들지만, Rib에서 측정되는 하중은 다른 결과를 나타냄을 확인할 수 있었다. 따라서, 고령자 흉부상해 감소를 위한 안전장치의 최적설계에서는 흉부변위는 물론, 각 갈비뼈에서 측정되는 하중도 함께 해석/설계 되어야 한다.

향후 정면충돌 시 고령자의 흉부상해 감소를 위한 흉부 변위 및 갈비뼈 하중 등의 상해기준이 필요하고, 이를 도출하기 위해 시험 속도 변화 등 다양한 시험 조건하에서의 안전벨트 장력과 흉부변위, 갈비뼈에서 측정되는 하중 값들을 비교·분석이 필요할 것으로 사료된다.

### 후기

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(06 교통핵심C01)에 의해 수행되었으며, 자동차성능연구소 미래형 자동차 시험장비 중 수평방향충격 시험 장비를 사용하여 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 교통사고 통계분석 2009, 도로교통안전관리공단
2. 홍승준, 조경근, “차대 차 정면 충돌사고 시 고령자 상해 특성 연구”, 한국자동차공학회 논문집, 17권 2호 90-97, 2009
3. NHTSA, “valuation of Thoracic Injuries Among Older Motor Vehicle Occupants” DOT HS 811 101
4. Richard Kent 외 8명, “Structural and Material Changes in the Aging Thorax and Their Role in Crash Protection for Older Occupants”, Stapp Car Crash J. Vol.49. 05S-03
5. 자동차안전기준시행세칙[별표1] 1.충돌시 승객보호시험
6. 박요한 외 4명, “고령운전자의 착석위치에 관한 연구”, 한국정밀공학회 2009년도 춘계학술대회 논문집
7. 한인석 외 1명, “고령운전자 안전도향상을 위한 흉곽 유한요소 모델 개발”, 한국정밀공학회 2008년도 추계학술대회 논문집