

차대차 충돌평가(MPDB)에서 충돌 각도 및 젖힘자세 특성 등에 따른 승객 상해 연구

인정민* · 마재홍** · 장형진*** · 전준호****

Study About the Crash Safety of Occupants According to the Reclining Postures and Impact Angle under MPDB Test Types

Jeongmin In^{*}, Jaehong Ma^{**}, Hyungjin Chang^{***}, Joonho Jun^{****}

Key Words: Advanced driving assistance system(사고예방장치), Seating posture(좌석자세), Automatic emergency braking system(자동긴급제동장치), Reclined seat-back angle(좌석등받이를 최대한 젖힌 좌석 자세)

ABSTRACT

As advanced driving assistance system (ADAS) and autonomous driving performance continue to improve, existing crash accidents and crash types are changing. Accordingly, the collision angle and the seating posture of the occupant are changed. It is necessary to study how the occupant injury mechanism changes according to these different crash types. In this regard, a representative crash test mode was derived when the automatic emergency braking system (AEB), one of the autonomous driving performance, was applied to the representative car-to-car crash scenario in Korea. The derived crash test mode was used to analyse the mechanisms of collision injuries according to both impact angle and the occupant seating posture (reclined seat-back angle). The results obtained through this study can be utilized as reference data for the development of new crash evaluation methods and improvements in crash restraint systems for enhancing crash safety.

1. 서론

현행 자동차 충돌 안전기준 및 충돌안전도평가(NCAP 등)에서는 탑승자의 정상좌좌자세 조건만을 고려하여 평가하고 있으며, 심지어 제작사 역시 주행중 정상적인 좌좌 조건(몸통각도 약 18~25도)을 제외하고는 다른 유형의 좌좌 자세에 대해서는 제작사에서 권장하지 않고 있다. 하지만 현재도 운전석을 제외한 좌좌의 탑승자는 주행중 승객의 선택도에 따라 등받이를 자유롭게 젖히고 탑승할 수 있다.

심지어 Zhang 등⁽¹⁾에 따르면 동승석 탑승자의 경우 약 45%만이 정상적인 좌좌자세로 착석한다고 조사되었다. 또한, 앞으로 Lv.4/4+ 자율주행차가 도로에 운행될 경우 동승석뿐만 아니라 운전석도 다양한 좌좌자세가 가능해질 것이다.

또한, 충돌 사고 회피·제동 등의 사고예방장치 등이 적용된 차량의 보급이 확대되고 있으며 향후 Lv.4/4+ 자율주행차까지 운행될 경우 사고예방장치가 적용된 자동차의 경우 정면충돌 시 충돌유형이 현행 국내 자동차안전기준 및 자동차안전도평가(KNCAP) 등에서 평가하는 정면충돌 유형과 차이가 있을 것이라고 판단하고 있다.

정면 충돌평가에서 탑승객의 착석자세 및 충돌각도는 충돌구속장치(예: 에어백 및 좌좌안전띠 등) 성능 조건에 영향을 주는 요인으로 충돌 시 탑승자의 상해와 밀접한 관

* 자동차안전연구원, 책임연구원
** 자동차안전연구원, 선임연구원
*** 자동차안전연구원, 연구위원
**** 자동차안전연구원, 처장
E-mail: ijm2000@kotsa.or.kr

Mortality stratified by seatbelt use		
Mortality Risk	Belted	Unbelted
Partial Reclined	1.17 (1.03 – 1.34)	1.13 (0.99 – 1.29)
Fully Reclined	1.91 (0.77 – 4.75)	1.71 (0.97 – 3.04)

Fig. 1 The effect of mortality according to both seatbelt use and reclining posture

런이 있다. 젖힘자세 조건에서 정상좌좌 조건보다 머리, 목 및 몸통 등에서 더 높은 중상해가 발생한다는 것을 인정민 등⁽²⁾의 앞선 연구결과로서 확인하였고, 특히 몸통 상부의 구속이 늦어 Submarine 발생의 위험성이 높아 복부 상해 발생이 높은 것으로 연구되었다(Liang Tang and Jiajia Zheng.⁽³⁾). Fig. 1과 같이 좌석안전띠를 착용하더라도 과도한 젖힘자세에서는 좌석안전띠를 미착용한 경우보다 심지어 사망률이 더 높다는 미국의 실사고 조사결과(NASS-CDS)⁽⁴⁾도 보고되었다.

자율차에서의 착석 유형 등을 고려한 탑승객의 젖힘각도(The angle of reclining posture)에 따른 중상해 경향 및 발생 메카니즘 연구는 이미 많이 수행되었으나 대부분의 연구가 충돌모의시험(Sled Test) 또는 충돌해석(Virtual Crash Test)으로 수행되었고 실제 차량에서의 충돌평가 시험은 매우 드문 것으로 확인된다.⁽⁵⁻⁷⁾

이에 따라, 국내 대표 정면충돌사고시나리오⁽⁸⁾에서 자율차의 주요 기능인 사고예방장치 중 자동긴급제동장치(AEB)가 작동하는 조건을 반영⁽⁹⁾하여 전체 교차로 사고 가혹도의 약 90%를 반영할 것으로 판단되는 50 km/h, 150도 경사 부분정면충돌 정면충돌시험모드 유형에서 탑승객의 착석자세에 따른 영향에 대한 평가를 추진하였다.

본 연구로 차대차 정면충돌 시 충돌 각도 및 착석조건 등에 따른 실차 충돌평가를 통하여 인체상해 발생 특성 등을 분석하고 현행 충돌구속장치(에어백 및 좌석안전띠 등)가 탑승객의 보호성능 및 범위에 대한 충족 여부 등을 분석하고자 한다. 또한 본 연구결과에 기반하여 충돌 각도 및 착석자세(특히, 몸통각도가 45도 이상 젖혀지는 과도

한 젖힘자세)에 따른 현행 충돌구속장치 개선 필요성과 신규 충돌평가기술 개발 방향 등을 마련하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 충돌 각도 및 착석자세에 따른 충돌안전도평가방법

충돌 유형 및 착석자세에 따른 승객 거동 및 중상해 특성 등을 분석하기 위하여 국내 대표 준중형 SUV 차량을 시험차량으로 선정하여 3가지 평가시험 모드(Test Case)를 구성하여 평가를 수행하였다.

2.1. 180° 50% Offset 50 km/h MPDB-to- 50 km/h vehicle 정상좌좌 차대차 충돌평가(Test Case 1)

180도로 대향차(1,400 kg)와 시험차량이 상호 50 km/h로 대향차가 시험차량의 너비의 50%가 겹치도록 충돌하는 평가는 EuroNCAP의 MPDB평가(Mobile progressive deformable barrier test)와 동일한 평가이다. 본 연구의 시험차중 역시 EuroNCAP MPDB평가를 수행한 차종으로 시험결과 역시 EuroNCAP에서의 시험결과를 활용하였다.

본 평가시험은 현행 EuroNCAP 및 C-NCAP 등에서 수행하고 있는 일반적인 시험조건(180도 50% 차대차충

Table 1 Test matrix for analyzing crashworthiness according both impact angle and reclining posture

Test Case No.	Test Mode	Seatback angle
1	180° 50% Offset 50 km/h MPDB-to -50 km/h vehicle (same as EuroNCAP)	19
2	150° 50% Offset 100 km/h MPDB-to-vehicle	19
3	150° Offset 100 km/h MPDB-to-vehicle	50

Table 2 Dummy configuration considering test modes

Test Case No.	Dummy configuration	
	Driver seat	Passenger seat
1	THOR 50%tile Male	Hybrid III 50tile Male
2	THOR 50%tile Male	THOR 50%tile Male
3	THOR 50%tile Male	THOR 50%tile Male

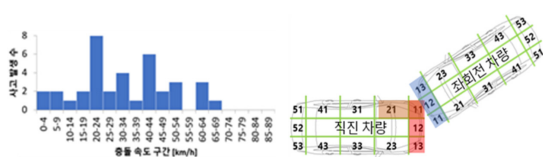


Fig. 2 The crash scenario sinario that AEB applied vehicles may occur in LTAP-OD accidents

돌 및 정상착좌 조건)에서의 결과와 이후 수행할 충돌각도 및 탑승객의 젖힘자세에 따른 영향을 분석하고자 한다.

2.2. 150° 50% Offset 100 km/h MPDB-to- vehicle 정상착좌 차대차 충돌평가(Test Case 2)

150도 경사 50% 부분정면 차대차 충돌은 국내에서 발생빈도가 가장 높은 차대차 정면충돌 시나리오에 자율주행차의 주요 사고예방성능인 자동긴급제동장치(AEB)가 작동되는 조건을 반영하여 도출된 시나리오를 1,400 kg 대향차(MPDB)와 차대차 충돌시험조건으로 평가하기 위하여 충돌시물레이션을 통하여 동등수준의 충돌가속도가 반영된 Fig. 3과 같은 최적화된 시험모드를 도출하였다.

평가에 사용된 인체모형은 Test Case 1은 EuroNCAP과 동일하게 운전석에 THOR 50M, 동승석에 HIII50M으로 평가하였으나 Test Case 2 및 3 시험은 젖힘자세까지 고려한 평가시험을 위하여 생체충실도가 HIII50M보다 더 우수한 THOR 50M을 운전석 뿐만 아니라 동승석에서도 적용하여 평가를 수행하였다.

2.3. 150° 50% Offset 100 km/h MPDB-to- vehicle 젖힘자세 착좌 차대차 충돌평가(Test Case 3)

Test Case 3 충돌시험모드는 Test Case 2의 시험모드와 동일한 충돌각도 및 충돌속도 등으로 평가를 수행하였고, 탑승객의 젖힘자세, 다시 말해서 Fig. 5(b)에서와 같

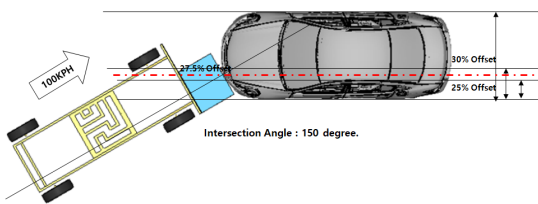
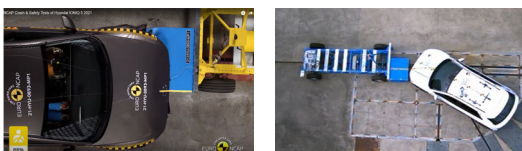


Fig. 3 150° 50% offset 100 km/h MPDB-to-Vehicle crash test derived with crash simulation results



Test Case 1 Test Case 2 and 3

Fig. 4 Car-to-car test mode according to impact angles



Fig. 5 (a) Normal position (19°) and (b) Reclined position (50°)

이 등반이 젖힘각도(Reclined seat-back angle)만 정상착좌의 등반이 각도인 약 19~25도 보다 더 낮은 50도의 각도를 적용하여 평가시험을 수행하였다.

3. 충돌안전도평가 결과

3가지 충돌유형의 평가를 통하여 각 인체부위별로 인체상해 및 인체모형 거동 등의 측정하였으며, 충돌각도 및 착석자세 등에 따른 상해 및 거동 등을 비교·분석하였다. 다만, 동승석의 경우 Test Case 1 평가시험은 EuroNCAP 결과를 활용하여 동승석 인체모형을 THOR 50%tile Male 인체모형이 아닌 Hybrid III 50tile Male을 적용하여 THOR 50%tile Male을 적용한 Test Case 2 및 3과 비교 및 분석하지 않았다.

3.1. 머리 상해 특성 분석

3가지 충돌 Test Case 유형의 평가를 통하여 머리 상해의 특성을 분석하였을 때 우선 머리상해와 관련하여 현재 안전기준 및 자동차안전도평가에서 적용하고 있는 두개골 손상 위험성 등을 평가하는 HIC₁₅(Head Injury Criterion) 및 3ms 합성가속도(ACC_3ms) 등 기존의 머리 상해평가결과와 뇌 상해 손상 위험성을 평가하는 새로운 BRIC (Brain Injury Criterion)⁽¹⁰⁾ 및 DAMAGE(Diffuse Axonal Multi-axis General Evaluation)와의 결과의 경향성에서 Fig. 6과 같이 큰 차이를 보였다.

기존의 충돌평가에서 머리상해를 평가하는 HIC₁₅ 및 ACC_3ms의 경우에는 충돌각도(180도와 150도) 및 탑승객의 젖힘각도(19도와 50도)가 증가하여 에어백에 불안정한 충돌 및 머리의 과도한 거동 등이 발생하였음에도 머리 상해에서 유의미하게 중상해가 증가하였다고 판단할 수 없는 것으로 확인되었다. 다만, 시험차종이 준중형

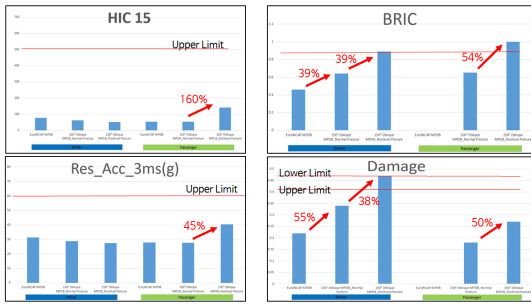


Fig. 6 Head injury values in terms of crash types

SUV 1차종만 시험하여 모든 차량에서의 경향성을 대표 하였다고 할 수는 없을 것으로 판단된다.

기존의 머리상해평가(HIC₁₅와 ACC_3ms)를 적용하면 운전석과 동승석 모두에서 경사충돌에서 동등수준이거나 오히려 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 B-pillar에서 측정된 충돌가속도(Table 3)를 통하여 180도 충돌조건보다 150도 경사충돌에서 충격량이 다소 낮을 것으로 판단되고 이에따라 HIC₁₅와 ACC_3ms와 같은 머리 충격

Table 3 Peak acceleration according to crash test cases

Test Case No.	Left B-pillar (Struck side)	Right B-pillar (Non-Struck side)
1	28.4 G	22.3 G
2	21.5 G	20.9 G
3	16.6 G	23.5 G

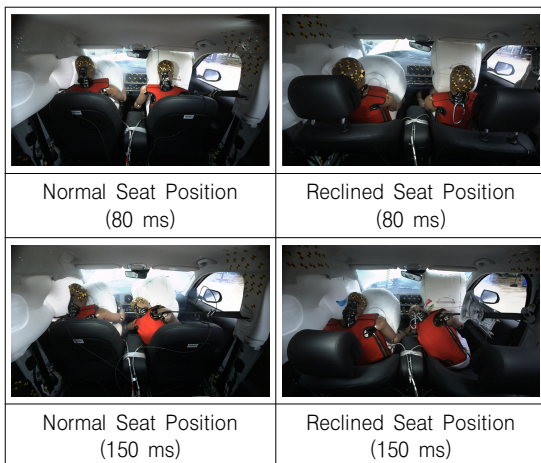


Fig. 7 Head movements of dummies between normal seat and reclined seat conditons

량에 기반한 머리상해는 다소 감소하였다고 판단되어진다. 또한 THOR 50%tile Male 인체모형으로 평가한 젖힘각도 증가(19도 → 50도)에 따른 영향은 HIC₁₅와 ACC_3ms 값은 상해평가기준 범위보다 크게 낮아 위험성이 낮게 판단되어 질 수 있지만, 운전석 및 동승석 모두 충돌 시 에어백에 충돌하는 거동을 분석해보면 Fig. 7과 같이 에어백에 중심에 정상적으로 안착하지 못하는 것을 확인할 수 있었고, 운전석의 경우는 커튼에어백 등의 영향으로 정면에어백에서 완전히 벗어나지 않았지만, 동승석의 경우는 운전석보다 정면에어백에서 더 많이 벗어난 것을 확인할 수 있었다.

반면 뇌 상해 손상 위험성을 평가하는 BRIC 및 DAMAGE (0.42가 약 AIS 2+ 기준 50%)는 충돌 각도 및 젖힘자세 등에 따라 상해값이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. Test Case 1과 비교하여 Test Case 2의 150도 경사 차대차 충돌에서는 차량의 회전(Yawing)이 증가하여 머리가 에어백에 완벽하게 안착하지 못하고 에어백 옆으로 이동하며 머리의 Z축 회전을 발생시켰고 이는 머리의 각속도에 영향을 받는 BRIC이 Table 4와 같이 Z방향 각속도가 크게 증가하여 BRIC이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

Test Case 2와 비교하여 Test Case 3과 같이 탑승객의 젖힘각도가 증가하면 Y축 각속도가 크게 증가하며 이 Y축 각속도가 BRIC 증가에 큰 영향을 준 것을 확인할 수 있다. 젖힘각도에 따른 영향 역시 에어백에 초기 구속하지 못한 상태에서 좌석안전띠에 몸통이 강하게 구속되면서 머리가 Y축 방향으로 크게 회전(Clothesline mechanism)하면서 발생하는 것으로 확인되었다.

충돌 각가속도에 영향을 받는 DAMAGE 역시 에어백에 불완전한 충돌로 인한 머리가 에어백에 안착 후 측면으로 거동 등이 과도하게 발생하는 것으로 판단되어진다. 흥미로운 점은 운전석과 동승석 모두 충돌각도 및 젖힘각도

Table 4 Angluar velcocities (rad/s) in terms of crash types at maximun BRIC values

Test Axis	Case 1		Case 2		Case 3	
	Driver	Passenger	Driver	Passenger	Driver	Passenger
X (rad/s)	1.534	0.620	9.695	19.366	17.549	
Y (rad/s)	22.009	1.531	6.984	34.213	49.412	
Z (rad/s)	2.738	22.620	23.391	22.298	7.183	
BRIC	0.455	0.629	0.652	0.886	1.003	

가 증가함에 따라 BRIC 및 DAMAGE가 증가하는 경향성은 비슷하지만 상해값 기준(IARV: Injury Assessment Reference Values)만을 놓고 보면 BRIC은 동승석이 높고 DAMAGE는 운전석 인체모형이 높은 것을 확인할 수 있었다. 향후 이에 대한 추가적인 원인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

3.2. 흉부 상해 특성 분석

흉부의 상해는 Fig. 8과 같이 운전석 더미의 경우 경사 충돌(150도)에서 다소 흉부상해(흉부 변위량)가 감소하

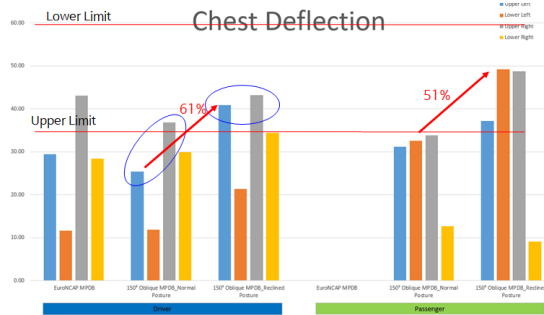


Fig. 8 Chest injury values (chest deflection) in terms of crash test cases

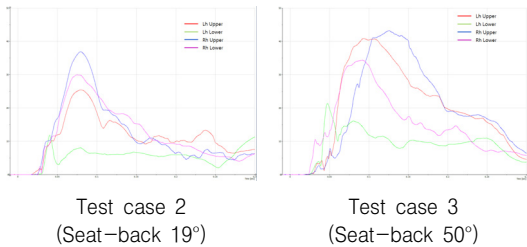


Fig. 9 Chest deflection of Driver-time histories according to reclined seat-back angles

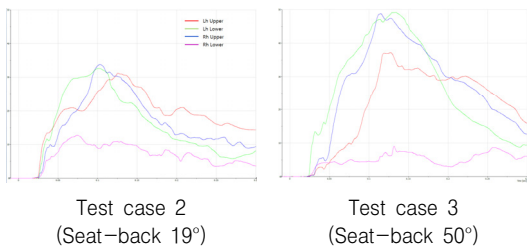


Fig. 10 Chest deflection of Passenger-time histories according to reclined seat-back angles

는 것을 확인되었으며, 이는 머리 부위 상해특성과 같이 경사충돌에서 충돌 부위(운전석측)에 충격량이 다소 감소하였기 때문으로 판단되어진다. 젖힘각도에 따른 영향은 운전석 및 동승석 탑승자 모두 정상착좌자세의 탑승자보다 젖힘 착좌자세에서 흉부변위량이 증가하였다. Fig. 9 및 Fig. 10에서와 같이 최대 흉부변위량 발생시점 역시 정상착좌보다 약 35 ms(운전석), 30 ms(동승석) 늦게 발생하였으며, 운전석의 경우 흉부 좌측 상부 변위량, 동승석의 경우 흉부 오른쪽 상부 변위량이 증가한 원인은 젖힘 착좌로 인하여 정상착좌와 같이 초기 에어백에 구속되지 못하고 약 30~35 ms 늦은 시점에 좌석안전띠에 흉부가 집중적으로 구속됨으로 인해 늦게 발생하는 것으로 판단되어진다. 또한 동승석의 경우 초기 에어백 등에 구속되지 못하면서 인체모형이 센터 콘솔 측면에 더 높은 충격량이 발생하여 흉부 좌측 하부 상해가 증가한 것으로 역시 판단되어진다.

3.3. 복부 상해 특성 분석

앞에 서론에서 언급하였듯이 기존의 연구에서 젖힘각도가 커지면 복부변위량 및 복부 압력이 증가하고 또한 Lab-belt가 골반을 정상적으로 구속하지 못하는 Submarine 위험성이 증가한다고 연구결과 등으로 보고되었다. 하지만 본 연구에서는 Fig. 11과 같이 차량이 경사충돌하거나 젖힘각도가 증가할수록 오히려 복부 변위량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 복부 상해 감소의 원인은 충돌 후 차량의 회전에 따른 인체모형이 차량의 충돌 측 측면방향으로 이동하면서 복부하중이 정면보다 측면방향으로 발생하였을 수 있다고 판단되어진다. 이에 따라 복부 상해 역시도 좌측보다는 우측 복부에 변위가 더 큰 것을 확인할 수 있다. 또한 젖힘각도 증가보다는 경사충돌에 따른 차량 회전에 따른 인체모형의 측면 거동의 영향이 더 큰 것으로 확

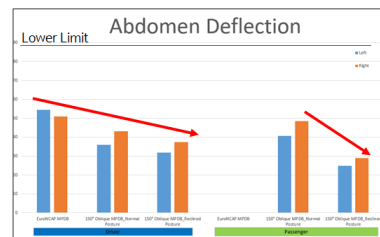


Fig. 11 Abdomen injury values (abdomen deflection) in terms of crash types

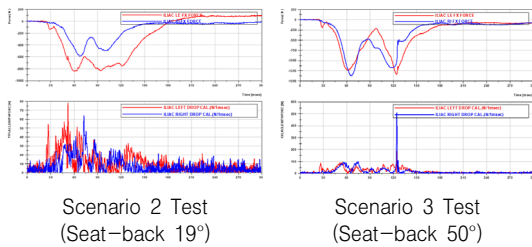


Fig. 12 Iliac force of Passenger-time histories according to reclined seat-back angles

인되었다. 이에 따라 Iliac(장골) 부위에 가해진 하중 역시도 Fig. 12와 같이 일반적으로 정상적인 착좌조건에서 Iliac 부위에 발생하는 1 kN 이상의 하중보다 매우 낮은 것을 확인할 수 있다. 따라서, 동승석의 경우 Iliac부위에 Submarine 발생과 같은 현상이 확인되기는 하지만 Iliac 발생 규정인 1 ms 안에 1 kN 이상 하락 조건을 충족하지 못하는 약 500 N 하락만 발생하여 Submarine으로 판정되지 않았다.

4. 결론

본 연구를 통하여 대항차(MPDB)를 사용한 차대차 충돌에서 경사각도 및 젖힘각도에 따른 상해 특성 등을 분석하였고, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 머리 부위 상해는 경사각도 및 젖힘각도 증가에 따라 머리가 초기에 구속되지 못하거나 에어백에 정상적으로 안착하지 못하여 머리 거동 등이 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 기존의 머리충격량에 따른 상해기준인 HIC₁₅와 ACC_{3ms}에서는 유의미한 차이가 발생하지 않았고, BRIC 및 DAMAGE와 같은 뇌의 거동에 따른 뇌상해 손상 위험성을 평가하는 상해기준에서는 경사각도 및 젖힘각도가 증가함에 따라 상해가 유의미하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 충돌 각도 및 탑승객 젖힘각도 등의 변화에 따른 승객 머리 상해 영향은 BRIC 및 DAMAGE 평가기준이 더 적합하다고 판단된다.

둘째, 흉부 부위 상해 역시도 흉부 최대변위량 발생 시점이 젖힘자세가 정상자세보다 약 30~35 ms 늦은 시점에 발생하는데 이는 초기에 에어백에 머리 및 몸통이 구속되지 못하고 약 30~35 ms 이후 시점에 흉부가 좌석안전띠에 강하게 구속(Clothesline type)되며 발생하는 것을 확인하였다.

셋째, 복부 부위 상해는 기존의 젖힘자세 증가에 따른 복부 상해 결과와 다르게 오히려 양호한 결과가 도출되었

는데 이는 젖힘각도 증가보다 경사충돌에 따른 측면방향으로 인체모형의 거동에 따른 복부에 하중이 가해지는 부위 변경이 더 큰 영향을 준 것으로 판단된다.

위에서 언급한 3가지 내용을 정리하면 경사충돌 및 탑승객 젖힘자세에서의 충돌안전성을 향상하기 위해서는 초기 승객을 구속할 수 있는 에어백 및 좌석안전띠 등의 향상이 필요할 것으로 확인되었다. 또한 평가기술에서도 기존의 상해기준으로는 새로운 충돌유형에서 탑승객의 상해를 정확히 평가하기 어려울 것으로 판단되어, 머리 상해의 경우 뇌 상해 손상 위험성을 평가하는 BRIC 및 DAMAGE 등의 신규 상해기준을 반영하고 복부 상해 역시도 현재의 변위량 측정방식이 아닌 복부 중상해를 정확히 판단하기 위한 좌석안전띠 골반띠의 하중이 가해지는 위치에 따른 제약을 최소화할 수 있는 3축(x, y, z-axis) 복부 합성 하중 측정 방식 등으로 변경이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구결과는 향후 자동차안전도평가(KNCAP)에서 경사충돌 및 탑승객 젖힘자세 등을 반영한 신규 충돌평가 개발과 제작사의 젖힘 자세 등에 대한 탑승객 충돌안전성 향상 설계 기술 방향 제시 등에 기본자료로 활용될 수 있다.

후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받은 “자율주행기술개발혁신사업의 주행 및 충돌상황 대응 안전성 평가기술 개발(21AMDP-C160637-01)”의 일환으로 수행하였습니다.

참고문헌

- (1) Zhang, L., Chen, L., Vertiz, A. and Balci, R., 2004, “Survey of Front Passenger Posture Usage in Passenger Vehicles”, SAE Technical Paper 2004-01-0845. <https://doi.org/10.4271/2004-01-0845>.
- (2) 인정민, 마재홍, 장형진, 2022, 실차 충돌평가에서의 착좌자세에 따른 탑승자 충돌안전성 연구, 자동차안전학회 추계학술대회.
- (3) L., Zheng, J. and Zhou, Q., 2020, “Investigation of risk factors affecting injuries in reclining seat under frontal impact”, Int. J. Vehicle Safety, Vol. 11, No. 3, pp. 247~274.
- (4) Seattle CIREN Team (Bulger, Dissanaik, Kaufman, Mack) University of Washington Harborview Injury Prevention and Research Center, “The Effects of

- Seatback Reclined Positions of Occupants in Motor Vehicles Collisions”.
- (5) Katarzyna Rawska, Bronislaw Gepner, David Moreau & Jason R. Kerrigan, 2020, Submarining sensitivity across varied seat configurations in autonomous driving system environment, Traffic Injury Prevention, DOI.
- (6) 박지양, 2020, “자율주행자동차의 정면충돌 사고 시 좌석등받이 각도와 충돌속도가 승객안전에 미치는 영향에 대한 설계 가이드라인 연구”, 한국기술교육대학교대학원.
- (7) Peter Luttenberger, Florian Feist, Desiree Kofler, 2020, Wolfgang Sinz, Gian Antonio D’Addetta, Heiko Freienstein, Maja Wolkenstein, Assessment of future occupant restraint principles in autonomous vehicles, IRCOBI conference 2020, IRC-20-56.
- (8) 박요한, 박원필, 김승기, 2022, 자율주행차 정면충돌평가방안 마련을 위한 정면충돌사고 심층분석 연구, 자동차안전학회 추계학술대회.
- (9) 신윤식, 김문영, 정재일, 2023, 실사고 기반 자동긴급제동장치 차량의 교차로 사고 경향 분석, 자동차안전학회지, 제15권 제1호, pp. 35~44.
- (10) Erik G. Takhounts, Matthew J. Craig, Kevin Moorhouse, and Joe McFadden, 2013, “Investigation of risk factors affecting injuries in reclining seat under frontal impact”, Stapp Car crash Journal Vol. 57, pp. 243~266.