

비정상 상태 운전 시 정면충돌에서의 상해 분석

박지양* · 윤영한** · 광영찬* · 손창기*

Analysis of Driver Injuries Caused by Frontal Impact during Abnormal Driver Position

Jiyang Park*, Younghan Youn**, Youngchan Kwak*, Changki Son*

Key Words : Abnormal Driver Position(비정상 승객자세), DAS(Driver Assistant System)(운전자 보조 시스템), Injury(상해), Behavior(거동), Seat Position(좌석위치), Seating status(좌석각도), KNCAP(Korera New Car Assessment Program)(신차안전도평가)

ABSTRACT

Recently, the driver can be assisted by the advanced active safety devices such as ADAS from road traffic risks. With this system, driver and passenger may freed from can driving tasks or kept eyes on forward direction while on the road. Help from adoptive cruise control, auto parking and newly developed automated driving vehicles technologies, the driver positions will vary significantly from the current standard driver position during the travel time. On this hypothesis, the objective of this study is analyze the behavior and injuries of drivers in the event of frontal impact under these abnormal driver position. Based on the KNCAP frontal impact testing method, this simulation matrix was set-up with dummies of 5th tile female Hybrid III dummy and 50th tile male Hybrid III dummy. The small sedan type passenger car was modeled in this simulation. The series of simulation was performed to compare the injuries and behaviour of each dummy, varying the seating status and seat position of each dummy.

1. 서론

세계적으로 운전자의 편의 증진을 위하여 ADAS(Advanced Driver assistant system) 개발이 활발하다.⁽¹⁾ 한국의 KNCAP(Korea New Car Assessment program)에서도 전방충돌⁽²⁾ 경고장치, 차로이탈 경고장치 등 운전자의 운전 에 도움을 주는 시스템을 평가하며 ADAS의 개발을 촉진하고 있다.

특히, ADAS 진화의 도움으로 운전자가 운전 에 집중 하기 보다는 보다 자유로운 자세로 착석될 것으로 예상된

다. 이러한 경향은 Fig. 1의 오른쪽부분처럼 운전자의 좌석 착석 상태와 운전 형태가 현재와 같이 정형적인 자세가 아니라 Fig. 1의 왼쪽과, 중간처럼 자유롭고, 편안한 자세를 취하게 되는 것을 의미한다.⁽³⁾ 나아가 자율주행차가 시행된다면 운전자의 개념이 사라지고 승객의 좌석 착석 상태는 더욱 다양하게 될 것이다.⁽⁴⁾

하지만 현재의 법규 및 KNCAP 충돌 시험 중 정면충돌을 살펴보면^(5,6), 운전자의 착석 상태 및 좌석의 위치는 운전자의 운전 상황에 알맞게 설정하여 시험을 진행한다. 본 연구는 운전자의 착석 방법이 고령자 및 여성승객의 상해에 대한 선행 연구를 진행하면서 관심을 가지고 있는 시점이다.^(7,8) 이러한 현황에서 앞서 말했던 동향을 바탕으로 운전자의 좌석 위치 및 운전자의 착석 상태를 요인으로 활용하여 여러 상황에서의 정면충돌 시의 더미의 상

* 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과

** 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

E-mail : sck91@kut.ac.kr

해 경향을 보기위한 시험을 진행할 것이다. 더미로는 5th female HybridIII dummy와 50th male HybridIII dummy를 사용하여 여성과 남성의 경우를 나누고, 좌석의 상태와 운전자 착석 상태는 대쉬보드(dashboard)와의 기준으로 far for dashboard 와 near for dashboard 로 구분하여 각 경우의 상해 값을 파악할 것이다.

위의 결과를 활용하여 현재 법규 및 KNCAP의 정면충돌 시험에서의 상해 값을 평가하는 시험에서의 운전자의 착석 위치 및 좌석 위치와 앞으로의 운전자의 운전 상태가 변화하여 발생하는 착석 위치 및 좌석 위치의 변화에서 발생하는 상해 값을 비교 평가하는 실험을 수행하였다.

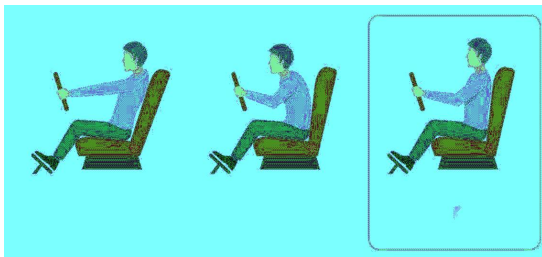


Fig. 1 Abnormal driver seating postures

2. 충돌시험 모델 구성 및 평가방법

2.1. 시험 방법

본 연구의 시험 모델은 크게 100% 정면충돌을 대상으로 하고 있으나 모델 구성과 해석시간을 최소화 하기위해 슬레드 모델로 구성하였다. 충돌 속도는 KNCAP 기준과 같이 56kph로 시험했다.

2.1.1. 모델의 구성

정면충돌 시 슬레드 모형은 실차시험에 가까운 모형을 Fig. 2와 같이 구성하였다.⁽⁹⁾ Fig. 3의 차량의 가속도 파형은 FEM 차량모델의 충돌해석의 수행결과로 추출한 차

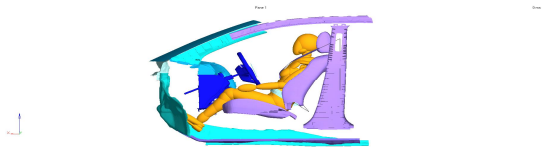


Fig. 2 Sled model for full wrap frontal crash test

량의 진행방향인 X-Direction 가속도 값으로 본 연구의 슬레드(sled) 해석 모델에서 차량의 가속도 파형으로 사용하였다.

표준 남성용 50th male HybridIII dummy에 대한 해석 모델에서는 차실내의 위치를 Fig. 4처럼 Mid부터 Rear Most까지의 범위로 설정 했으며 상대적으로 더 작은 Fig. 5의 5th female HybridIII dummy의 경우는 Forward Most부터 Rear Most까지의 범위로 해석을 진행했다. 또한, dummy의 착석 자세는 여성과 남성의 각도별로 77.5°, 90°, 102.5°, 115°의 경우를 나누어 시험했으며 안전장치로서는 3점식 안전띠와 DAB(Driver Air Bag)을 사용 하였으며, DAB의 TTF(Time to Fire)의 경우 16ms로 동일하게 하였다.

Fig. 4와 5는 해석에서 사용된 남성더미와 여성더미의 착석위치에 대한 범위를 나타내고 있다.



Fig. 3 X Directional vehicle acceleration pulse

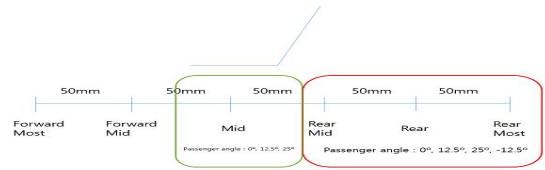


Fig. 4 50th male HybridIII dummy seating location

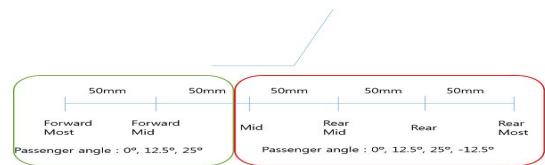


Fig. 5 5th female HybridIII dummy seating location

2.2. 평가방법

본 연구는 KNCAP 정면충돌 상해기준을 근거로 하여 평가를 상해도를 평가 하였으며, 추가적으로 정면충돌 시 척추손상이 증가하고 있다는 연구결과⁽¹⁰⁾가 꾸준히 제기되고 있음에 따라, Spine T12 부위의 상해도 또한 추가적으로 평가 하였다.

Table 1 50th male HybridIII dummy Injury criteria

			requirement	
			lower	upper
Head		HIC15	600	1000
		HIC36	600	1000
Neck		Fx(kN)	1.9	3.1
		Fz(kN)	2.7	3.3
		Mocy(Nm)	42	57
Chest	Displacement	Chest deflection(mm)	22	50
		VC(m/s)	0.5	1.0
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	1.5	2.0
		Spine T12 Fy(kN)	1.5	2.0
		Spine T12 Mx(Nm)	150	200
		Spine T12 My(Nm)	150	200
Femur	Femur Force	3.80	9.07	

Table 2 5th male HybridIII dummy injury criteria

			requirement	
			lower	upper
Head		HIC15	500	700
		HIC36	500	700
Neck		Fx(kN)	1.2	1.95
		Fz(kN)	1.7	2.62
		Mocy(Nm)	36	49
Chest	Displacement	Chest deflection(mm)	22	48
		VC(m/s)		
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	1.5	2.0
		Spine T12 Fy(kN)	1.5	2.0
		Spine T12 Mx(Nm)	150	200
		Spine T12 My(Nm)	150	200
Femur	Femur Force	3.80	6.8	

3. 충돌 시뮬레이션

3.1 50th male HybridIII 상해치 결과

50th male HybridIII dummy mid seating position의 경우 dummy의 좌석 내부 공간이 협소하여 77.5°의 경우는 해석을 수행하지 못하였다. Table 3에서 나타난 바와 같이 상해치는 102.5°에서 HIC상해치가 가장 크게 나왔으며 Spine 부분에서는 115°가 가장 크게 나왔다.

Table 3 Injury of 50th male HybridIII dummy in mid seating position

Dummy Seating angle		90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	367	2222	499	
	HIC36	514	2222	925	
Neck	Fx(kN)	1.4	3.3	0.002	
	Fz(kN)	1.3	5.2	1.7	
	Mocy(Nm)	6.7	163	49	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	57	56	21
		VC(m/s)	0.6	0.6	0.1
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	2.0	1.6	3.5
		Spine T12 Fy(kN)	0.3	0.03	0.03
		Spine T12 Mx(Nm)	227	328	113
		Spine T12 My(Nm)	234	289	694
	Femur	Femur Force	7.5	6.3	2.5

Table 4 Injury of 50th male HybridIII dummy rear mid seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	408	351	796	826	
	HIC36	823	653	1219	1111	
Neck	Fx(kN)	0.1	0.1	0.8	0.001	
	Fz(kN)	0.3	2.3	3.5	1.9	
	Mocy(Nm)	2	42	61	46	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	43	64	73	14
		VC(m/s)	0.3	0.7	0.7	0.04
	Spine T12	Spine T12 Fx (kN)	1.8	1.9	2.1	3.0
		Spine T12 Fy (kN)	0.1	0.05	0	0.4
		Spine T12 Mx (Nm)	107	258	288	78
		Spine T12 My (Nm)	207	219	376	732
	Femur	Femur Force	2.5	2.3	7.5	3.5

50th male HybridIII dummy Rear Mid의 경우 상해치는 102.5°, 115°에서 HIC, Spine 부분에서 상해치가 Table 4와 같이 가장 크게 나왔다.

Table 5와 같이 50th male HybridIII dummy Rear의 경우 상해치는 102.5°, 115°에서 HIC, Spine 부분에서 상해치가 가장 크게 나왔다.

Table 6의 결과와 같이 50th male HybridIII dummy Rear Most의 경우 상해치는 102.5°, 115°에서 HIC, Spine

부분에서 상해치가 가장 크게 나왔다.

전체적으로 50th male HybridIII dummy의 경우 목젓 힘량 또한 높은 것을 확인 할 수 있다.

Table 5 Injury of 50th male HybridIII dummy rear seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°
Head	HIC15	773	382	1450	721
	HIC36	848	701	1450	1181
Neck	Fx(kN)	0.4	0.1	2.7	0.07
	Fz(kN)	1.4	2.2	7.1	0.1
	Mocy(Nm)	3.6	28	128	58
Chest	Displacement				
	Chest deflection (mm)	64	68	80	7.4
Spine T12	VC(m/s)	0.9	0.5	1.2	0.016
	Spine T12 Fx (kN)	3.2	2.6	4.0	3.5
	Spine T12 Fy (kN)	0.07	0.3	0	0.6
	Spine T12 Mx (Nm)	141	371	287	56
	Spine T12 My (Nm)	309	261	506	776
Femur	Femur Force	2.8	3.5	4.5	4.3

Table 6 Injury of 50th male HybridIII dummy rear most seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°
Head	HIC15	622	557	1062	1077
	HIC36	745	1034	1128	1401
Neck	Fx(kN)	0	0.1	2.5	0.007
	Fz(kN)	3.6	3.3	4.8	0.1
	Mocy(Nm)	5	11	108	70
Chest	Displacement				
	Chest deflection (mm)	70	70	80	6.2
Spine T12	VC(m/s)	0.6	0.6	1.3	0.01
	Spine T12 Fx (kN)	3.2	2.4	4.2	2.8
	Spine T12 Fy (kN)	0.1	0.002	0	0.06
	Spine T12 Mx (Nm)	138	527	303	98
	Spine T12 My (Nm)	238	297	552	807
Femur	Femur Force	4.3	4.3	9.0	1.9

3.2. 5th female HybridIII 상해치 결과

Table 7의 결과와 같이, 5th female HybridIII dummy Forward Most의 경우 dummy의 좌석 내부 공간이 협소하여 77.5°는 진행하지 못했다. 상해치는 90°, 115°에서

Table 7 Injury of 5th female HybridIII dummy for most seating position

Dummy Seating angle		90°	102.5°	115°
Head	HIC15	779	369	602
	HIC36	1035	721	812
Neck	Fx(kN)	1.0	0.24	0.02
	Fz(kN)	3.61	1.68	0.1
	Mocy(Nm)	52	28	36
Chest	Displacement			
	Chest deflection (mm)	72	51	36
Spine T12	VC(m/s)	0.7	0.3	0.25
	Spine T12 Fx (kN)	2.4	3.1	4.0
	Spine T12 Fy (kN)	0.3	0.3	0
	Spine T12 Mx (Nm)	61	125	223
	Spine T12 My (Nm)	399	671	565
Femur	Femur Force	4.3	3.2	2.4

Table 8 Injury of 5th female HybridIII dummy forward mid seating position

Dummy Seating angle		90°	102.5°	115°
Head	HIC15	585	1055	602
	HIC36	592	1283	800
Neck	Fx(kN)	0.7	1.2	0.02
	Fz(kN)	0.24	0.4	0.1
	Mocy(Nm)	64	82	32
Chest	Displacement			
	Chest deflection (mm)	61	65	34
Spine T12	VC(m/s)	1.0	0.7	0.1
	Spine T12 Fx (kN)	1.2	3.1	4.3
	Spine T12 Fy (kN)	0.2	0.4	0
	Spine T12 Mx (Nm)	40	154	280
	Spine T12 My (Nm)	181	693	614
Femur	Femur Force	8	2.2	2.6

HIC상해치가 크게 나왔으며 이는 에어백의 효과가 없음을 확인 할 수 있으며, Spine 부분에서는 102.5°, 115°가 크게 나왔다.

5th female HybridIII dummy Forward MID의 경우 dummy의 좌석 내부 공간이 협소하여 77.5°는 진행하지 못했다. 102.5°에서 HIC상해치가 크게 나왔으며 Spine 부

Table 9 injury of 5th female HybridIII dummy mid seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	1083	237	1200	417	
	HIC36	1083	237	1390	624	
Neck	Fx(kN)	0.8	0.3	1.2	0.02	
	Fz(kN)	0.2	0.1	0.1	0.1	
	Mocy(Nm)	36	38	72	33	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	64	60	60	37
		VC(m/s)	0.9	0.9	0.5	0.1
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	0.8	0.9	2.8	3.8
		Spine T12 Fy(kN)	0.4	0.1	0.3	0.5
		Spine T12 Mx(Nm)	87	42	176	254
		Spine T12 My(Nm)	123	167	647	582
	Femur	Femur Force	3.3	1.1	2.6	3.0

Table 11 Injury of 5th female HybridIII dummy rear seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	697	678	1232	254	
	HIC36	937	945	1439	434	
Neck	Fx(kN)	0.7	0.9	0.7	0.02	
	Fz(kN)	0.1	0.1	0.1	0.3	
	Mocy(Nm)	44	52	56	55	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	60	61	51	33
		VC(m/s)	0.7	0.7	0.4	0.09
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	1.1	0.3	2.3	3.4
		Spine T12 Fy(kN)	0.4	0.5	0.01	0.2
		Spine T12 Mx(Nm)	75	112	104	212
		Spine T12 My(Nm)	136	104	518	435
	Femur	Femur Force	4.1	4.1	4.8	3.4

Table 10 Injury of 5th female HybridIII dummy rear mid seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	688	565	1053	281	
	HIC36	877	567	1260	524	
Neck	Fx(kN)	0.2	1.2	0.9	0.02	
	Fz(kN)	0.1	0.1	0.1	0.3	
	Mocy(Nm)	27	80	58	56	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	58	62	58	36
		VC(m/s)	0.9	0.9	0.4	0.1
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	0.9	0.5	2.3	3.7
		Spine T12 Fy(kN)	0.2	0.008	0.01	0.3
		Spine T12 Mx(Nm)	52	78	151	256
		Spine T12 My(Nm)	124	124	601	509
	Femur	Femur Force	4.7	2.0	3.2	3.1

Table 12 Injury of 5th female HybridIII dummy rear most seating position

Dummy Seating angle		77.5°	90°	102.5°	115°	
Head	HIC15	579	541	1059	249	
	HIC36	902	922	1428	418	
Neck	Fx(kN)	0.5	0.7	0.5	0.02	
	Fz(kN)	0.1	0.1	0.1	0.2	
	Mocy(Nm)	43	46	30	56	
Chest	Displacement	Chest deflection (mm)	54	59	41	33
		VC(m/s)	0.5	0.5	0.3	0.01
	Spine T12	Spine T12 Fx(kN)	1.9	0.4	0.5	3.5
		Spine T12 Fy(kN)	0.2	0.3	0.01	2.6
		Spine T12 Mx(Nm)	90	151	108	225
		Spine T12 My(Nm)	259	105	405	458
	Femur	Femur Force	3.4	4.4	4.5	3.7

분에서는 Table 8과 같이 102.5°, 115°가 크게 나왔다.

Table 12의 결과와 같이, 5th female HybridIII의 경우 모두 경우에서 102.5°에서 HIC값이 가장 크게 나왔으나 115°에서는 상당히 HIC값이 낮아짐을 확인 할 수 있다. Spine의 경우는 102.5°, 115°에서 두 곳에서 크게 나타남을 확인 할 수 있다.

4. 제한조건 및 한계점

본 연구에서는 승객의 충돌직전의 반응인 자세의 이동, 근육을 이용한 지탱 등의 행동변화는 고려하지 않았다. 또한, 프리리텐서너의 작동으로 인한 착석자세의 변화, 착석위치의 변화에 따른 에어백의 TTF는 변수로 두지 않고 정상착석상태와 동일한 수치를 적용한 것으로 이로 인한 한계는 있다고 본다.

5. 결론

본 연구는 승객의 시트 위치와 승객의 착석 각도에 따라 상해를 파악하였으며, 승객의 시트위치에 비해 승객의 착석 각도가 승객 상해에 영향을 많이 주는 것을 확인 할 수 있으며, 102.5°, 115°에서의 상해치가 가장 높게 나옴을 확인 할 수 있다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 50th male HybridIII dummy의 경우 전체적으로 102.5°, 115°의 경우에 다른 경우보다 HIC값과, Spine T12 My의 값이 높게 나오는 것으로 나타났다. 그리고 모든 승객 착석 각도에서 Mocy 값이 높게 나타났다.
- 2) 5th female HybridIII dummy의 시험을 비교해 보았을 때 Forward Most의 경우 90°에서 높은 HIC치가 나왔으며 102.5° 115°에서의 HIC값과, Spine T12 My의 값이 높게 나타났다.

- 3) Drive Air Bag의 발화 시간을 동일 시 하였기 때문에 상대적으로 높은 각도의 착석을 한 승객의 경우 더미의 상체 이동에 따른 관성력 등으로 인해 에어백의 효과가 적다.
- 4) 이에 따라 서로 다른 시트 슬라이드 위치와, 승객 착석 각도에 따라 운전자의 상해치가 다르므로 장기적으로는 카메라, 센서 등을 통해 운전자의 거동을 감지하여 에어백 TTF의 시간이 유동적으로 변화하여 승객을 보호할 수 있어야 한다.

참고문헌

- (1) Sungyon Cho, 2013, Future Direction of Designing ADAS from an User Perspectives.
- (2) Yohan Park, 2015, KNCAP Test Ratings and Occupant Injury Risk in Real-world Frontal Crashes.
- (3) Sarah Key, Sitting to avoid back pain.
- (4) Manbok Park, The Current Status and Future of Autonomous Vehicle.
- (5) Vehicle Safety Criteria article 102.
- (6) <http://www.kncap.org>
- (7) Joonho Jun, 2009, Injury Characteristics for Elderly Driver's Seating Position in a sled test.
- (8) Kiseok kim, 2017, A study on 5%tile female occupant injury influence with variable seating method in full width frontal crash test.
- (9) JunHee Moon, Construction of Driver's Injury Risk Prediction in Different Car Type by Using Sled Model Simulation at Frontal Crash.
- (10) Jinseop Park, 2017, The Review and analysis of vertebral injuries in frontal impact crashes.