

Upper legform impact simulation 을 이용한 SUV 차량 형상과 상해치의 관계

Relations of SUV design and injury for using upper legform impact simulation

*김훈희¹, #홍정화¹, 민성기¹
*H H. Kim¹, #J H. Hong(hongjh32@korea.ac.kr)¹, S K. Min¹
¹ 고려대학교 제어계측공학과

Key words : Pedestrian Protection, Upper Legform Impact, SUV, Vehicle Design

1. 서론

차량 대 보행자의 사고는 교통안전 정책의 추진과 교통안전 의식의 선진화로 인하여 사망자의 수가 해마다 감소하고 있으나, OECD 가입국의 평균 보행 중 사망자수 구성비에 비해 2 배 이상 높게 나타나고 있다.[1]

보행자 보호 법규는 유럽, 미국, 호주, 일본 등에서 제정 및 적용하고 있으며, 국내의 경우도 2013 년 보행자 보호법규가 발표될 예정이다. 유럽, 호주, 일본, 국내에서 NCAP 테스트를 이용한 보행자 보호 시험이 도입되었다. 보행자 보호 법규는 upper legform, lower legform, child/adult headform 에 의한 충격 시험에 의해 규정되고 있으며 점차 강화되고 있는 추세이다. 이로 인하여 자동차 업체를 중심으로 보행자 보호에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 보행자 보호를 위한 연구로서, active system 과 passive system 이 제안되고 있다.[2] Active system 은 센서나 외부장치를 이용하여 보행자를 보호하는 방법이며, passive system 에 비해 월등한 보행자 보호 효과가 있지만 비용 증가와 기기의 안정성에 대한 제약이 있다. 반면 passive system 은 차량의 물성이나 구조변경을 통하여 이루어진다. 이러한 passive system 은 차량의 구성 패키지와 structural safety 등을 동시에 고려해야 하는 어려움이 있지만, 비용 및 기기의 안정성 측면에서 효과적이다.

따라서 본 연구에서는 passive system 설계와 관련하여 upper legform impact 시 차량의 형상변경이 upper legform 의 상해치에 미치는 영향을 평가하였다. SUV 차량의 다양한 형상(BL 과 BLEH)에 대하여 각각의 impact 시뮬레이션을 수행하고 차량형상과 상해치에 대한 분석을 진행하였다.

2. 차량형상에 따른 충돌해석



Fig. 1 Bumper lead 에 따른 대표적인 형상변경 예

보행자 보호법규(EU-Phase II)에서 upper legform 을 이용한 평가의 기준은 upper legform 에 부착된 2 지점의 로드셀을 이용하여 얻은 충격하중 합계가 5kN 이하, 3 지점의 스트레인게이지를 이용하여 얻은 단일 최대 굽힘모멘트가 300Nm 이하를 만족하여야 된다.

일반적으로 임팩터의 반력은 임팩터의 초기속도와 비례하며, 임팩터의 초기속도의 설정은 규정(Euro NCAP)에 의거 BLEH(bonnet leading edge height)와 BL(bumper lead)에 따라서 결정이 된다. BLEH 가 작고 BL 이 클수록 테스트상에 적용되어야 하는 임팩터의 초기속도가 낮아지게 된다.[3]

본 연구에서는 엔진룸 패키지를 변경하지 않는다는 조건하에 차량 외관 형상의 설계변경을 수행하였다. 차량 형상변경은 Fig.1 과 같이 5 가지의 BL 에 해당하는 형상이며 이러한 형상변경은 몰핑기법(morphing technique)을 적용하여 수행하였다.

차량 외관의 형상 변경 방법은 다음과 같다. 엔진룸 패키지 높이를 고정된 상태에서 차량 중앙을 지나는 BLE 라인(bonnet leading edge line : 지면과의 각도 40°)을 중 패키지 접하는 BLE 라인상에 BLE 포인트를 위치시키면 동일한 BLEH 를 갖는 구조 중 최소 인입공간을 갖지만 이것은 보닛의 두께를 고려하지 않은 형상학적 구조로서 실현 불가능하다. 따라서 보닛의 두께를 고려하고 곡선적인 보닛 라인과 직선적인 BLE 라인이 BLE 포인트를 제외한 다른 위치에서는 서로 교차되면 안 되는 형상학적 조건과 보닛 라인의 급격한 곡률변화가 없도록 연속적인 곡률 변화를 갖는 조건하에서 주어진 BLEH 에 대한 BLE 포인트를 선정하였다. Table 1 과 같이 SUV 차량의 변형형상은 5 개의 BL 을 기준으로 6 개의 에너지 레벨(200~700J)을 만족하기 위한 BLEH 를 고려하여 총 30 개의 형상변경을 시도하였다. 테스트 규정에 의해 차량 형상(BL, BLEH)과 관계된 임팩트 각도, 임팩트 속도, 임팩터의 질량은 각각 다르게 주어지며 이를 시뮬레이션에 반영하였다.

Upper legform 의 충격 위치는 차량 폭의 중심선상에 위치한다. (Fig. 2) 이 위치는 실차의 upper legform impact 테스트 시 support latch 에 의한 강성이 부가되어 가장 큰 임팩터의 반력과 굽힘모멘트가 발생하는 위치이다.[4]

Table 1 에너지 레벨에 따른 차량 형상 기준과 임팩트 조건

BL(mm)	Energy(J)	BLEH(mm)	Angle(deg)	Vel(m/s)	Mass(kg)
50	200	651.46	27.6	6.35	9.92
	300	671.95	27.1	6.94	12.44
	400	689.15	26.7	8.03	12.40
	500	705.18	26.3	9.38	11.38
	600	719.95	25.9	10.18	11.58
	700	740.00	25.4	11.00	11.58
100	200	665.92	35.2	6.46	9.59
	300	691.24	34.5	7.33	11.17
	400	709.96	33.9	8.41	11.30
	500	726.18	33.4	9.03	12.26
	600	741.45	32.9	9.63	12.94
	700	760.00	32.3	10.05	13.86
150	200	680.13	42.7	6.47	9.56
	300	704.87	41.8	7.10	11.89
	400	723.16	41.2	7.91	12.79
	500	739.78	40.6	8.51	13.82
	600	755.95	40.0	8.92	15.08
	700	775.00	39.2	9.36	16.00
250	200	687.42	42.4	6.06	10.90
	300	714.16	41.5	6.54	14.05
	400	736.37	40.7	6.93	16.64
	500	757.70	39.9	7.47	17.93
	600	780.21	39.0	8.04	18.56
	700	810.00	37.6	8.90	17.67
350	200	722.67	41.2	6.37	9.86
	300	761.97	39.7	7.02	12.19
	400	801.65	38.0	7.99	12.70
	500	844.65	35.9	9.13	11.99
	600	887.75	33.6	10.20	11.54
	700	930.00	31.5	11.07	11.43



Fig. 2 형상 변경된 SUV 차량과 임팩트 위치

3. 결과 및 토의

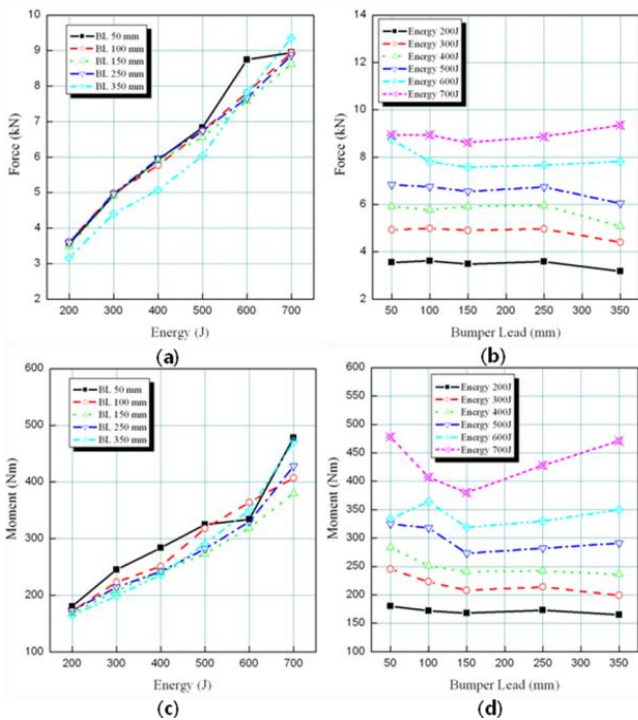


Fig. 3 (a)에너지 레벨에 대한 최대 임팩터 반력, (b)BL에 대한 최대 임팩터 반력, (c)에너지 레벨에 대한 최대 임팩터 모멘트, (d)BL에 대한 최대 임팩터 모멘트

본 연구에서는 유한요소해석 툴(MADYMO)을 이용하여, 30 개의 형상변경된 차량 모델 각각에 대하여 충돌 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, 임팩터의 세 부분에서 발생하는 모멘트 중 최대모멘트는 모든 경우에 대해서 임팩터의 중앙부에서 발생하는 것을 확인하였다.

시뮬레이션 결과는 Fig.3 에 나타내었다. Fig.3(a)는 에너지 레벨에 대한 임팩터 반력을 나타낸 것으로 규정반력 5kN 이하를 만족하는 에너지 레벨은 300 ~ 400J 미만으로 BL350 의 차량형상에서 400J 미만인 경우를 제외하고는 모든 BL 상에서는 300J 이하의 차량형상만이 이 조건을 만족하는 것을 확인 할 수 있다. Fig.3(b)는 BL 에 따른 최대 임팩터 반력을 나타낸 것으로서 에너지 레벨 700J 을 제외하고 다른 모든 에너지 레벨에 대해서 BL 이 커짐에 따라 임팩터의 반력이 작아짐을 알 수 있다. Fig.3(c)는 최대 임팩터 모멘트 에너지 레벨에 대하여 나타낸 것으로 규정모멘트 300Nm 이하를 만족하는 에너지 레벨은 대략 450 ~ 550J 미만으로 BL50 인 경우가 가장 취약한 것으로 나타났다. Fig.3(d)는 BL 에 따른 최대 임팩터 모멘트를 나타낸 것으로 BL150 부근에서 전체 에너지 레벨에 걸쳐서 모멘트 감소효과가 가장 큰 것으로 나타났다.

30 개 시뮬레이션 결과에 대한 선형피팅선도를 Fig. 4(a)에 나타내었다. 선형 피팅에 의한 임팩터 반력과 모멘트간의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{Moment} = A + B \text{ Force}$$

$$[A=1.35301 \text{ (error:16.60363), } B=45.3806 \text{ (error:2.54673)}]$$

임팩터가 5kN 의 규정 임팩터 반력을 나타낼 때 임팩터 모멘트는 규정 모멘트 300Nm 보다 작은 228.25Nm 가 발생함을 알 수 있다. 이러한 임팩터 반력과 모멘트의 관계를 통해 임팩터 반력 규정을 만족시키는 것이 임팩터 모멘트 규정을 만족시키는 것 보다 더 어렵다는 사실을 알 수 있다. 즉 임팩터 반력을 만족시키는 경우라면 임팩터 모멘트 규정을 고려하지 않아도 무방하다는 결론을 도출할 수 있다.

외장의 형상변경을 통해 보행자 보호에 대한 upper legform 테스트에서 규정을 만족시키기 위한 설계기준은 Fig. 4(b)와 같다. BL 과 BLEH 에 관계된 차량형상이 Fig. 4(b) 그래프상의 빗금친 아래부분에 위치하는 경우 보행자 보호 규정을 만족하게 된다.

하지만, 규정을 만족하는 SUV 형상은 SUV 의 형태라기 보다는 세단에 가까운 형태를 지니고 있다. 타이트한 형상변경이 적용되었으므로 더 이상의 형상변경은 어렵다고 볼 때 이와 같은 외장의 형상변경을 통해 반력 및 모멘트 규정을 만족시키는 것은 적절하지 않다. 따라서 내장의 설계변경을 통해 보행자 보호규정을 만족하는 SUV 디자인이 더 현실성 있고 적절하다고 사료된다.[5]

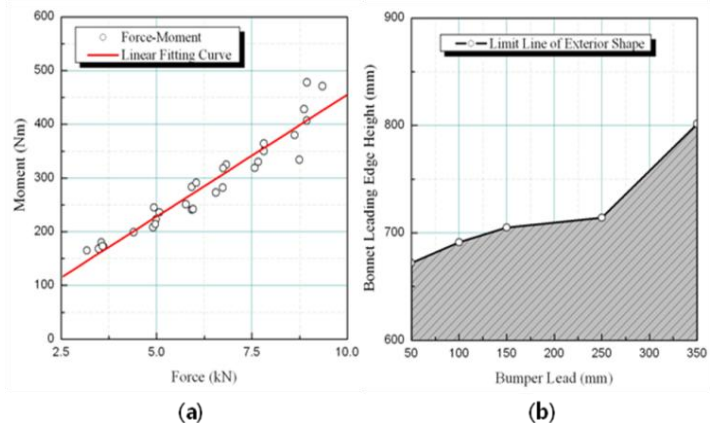


Fig. 4 (a)최대 임팩터 반력과 최대 임팩터 모멘트 상관관계 (b)규정을 만족하는 SUV 차량 외장 형상의 설계기준

4. 결론

본 연구는 upper legform impact 시뮬레이션을 이용하여 SUV 차량형상과 상해치의 관계를 분석하여 보행자보호규정의 상해치를 만족하는 차량의 형상변경(BL 과 BLEH) 설계 기준을 제시하였다. Upper legform impact 테스트에서 임팩터 반력과 임팩터 모멘트의 상관 관계식을 구했고, 이를 통해 임팩터의 반력 규정은 임팩터의 모멘트 규정과 비교하여 상대적으로 만족시키기 어려운 규정임을 보였다.

후기

이 연구는 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2010-0001648) 과 지엠 대우 오토엔테크놀로지 주식회사 연구소의 지원을 받아 이루어진 것이다.

참고문헌

1. “교통사고 통계보고서”, 도로교통공단, 2009
2. G.J.L. Lawrence, B.J. Hardy, I.M. Knight, J.A. Carroll, “A study on the feasibility of measures relating to protection of pedestrians and other vulnerable road users”, EC Contract No. ENTR/05/17.01, 2006
3. “EUROPEAN CAR ASSESSMENT PROGRAM(Euro NCAP)-pedestrian testing protocol”, 2003
4. S.K Min, J.H. Hong, Y.M. Ahn, D.S. Kim, H.I. Kim, E.Y. Ko, “Design strategies of SUV for the protection of pedestrian’s Lower Limb and improvement by using optimization”, KSPE, 2007
5. Siwoo Kim, Jeawan Lee, Hyungwon Park, Kyonghan Yoon, “A study for vehicle shapes classification in GTR with regard to pedestrian safety”, KSAE04-S0160, 2004