

보행자 두부 상해치 감소를 위한 Hood 설계변수 최적화 Hood Design Parameter Optimization for Head Injury Criteria Reduction of Pedestrian

*황규현¹, 표경현¹, #홍정화², 김훈희³

*G. H. Hwang¹, J. H. PYO¹, #J. H. Hong(hongjh32@korea.ac.kr)², H. H. Kim³

¹고려대학교 제어계측공학과, ²고려대학교 제어계측공학과, ³고려대학교 제어계측공학과

Key words : HIC(head injury criteria), fractional factorial design, sensitivity analysis, central composite design

1. 서론

사람의 두부는 외부 충격에 의해 상해를 입기 쉬운 부위이며 차대 보행자 충돌 시 가장 심각한 상해가 발생하는 부분이다.¹⁾ 또한 두부 상해 발생 시 부상의 심각성뿐만 아니라 비용과 재활 치료 등 경제적, 사회적 손실의 막대함 때문에 매우 중요한 문제로 인식되고 있다. 두부 상해는 직접적인 충격력에 의한 국소성 상해(focal injury)와 뇌 내의 급작스러운 가속도 변화로 인한 미만성 상해(diffuse injury)로 나눌 수 있다.²⁾

본 연구에서는 보행자의 두부 상해치를 감소시키기 위해 민감도 해석을 통한 설계 변수를 탐색하였고, 최적화 이론을 적용하여 상해치 감소를 확인하였다.

2. 충돌 시뮬레이션 조건

본 연구에 사용된 Hood의 boundary condition은 Hinge bolt SPC 1-6, Hood bumper SPC 3, Latch SPC 1-3으로 설정하였으며 (Fig.1)³⁾ 보행자 상해 평가 기준은 Euro Ncap 규정을 적용하였다. 실험 조건은 Child headform을 사용하여 지면을 기준으로 50°방향에 40km/h 속도로 Hood에 충돌시켰다. Target Zone은 WAD(wrap around distance) line 1000mm ~ 1500mm 사이로 설정 하였다.⁴⁾ Sampling point는 총 15곳의 지점 중 HIC(head injury criteria)가 1400이상이 되는 5지점 P9, P11, P12, P13, P15로 설정하였다 (Fig. 2).

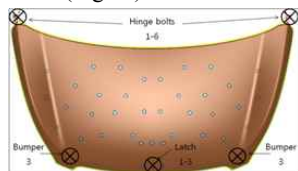


Fig. 1 Hood Boundary Condition

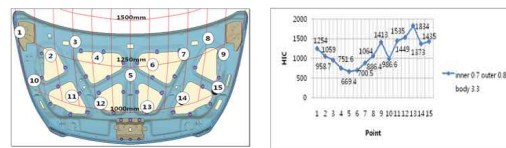


Fig. 2 Hood Impact Point & Result

3. 민감도 해석

보행자 두부 상해치에 영향을 미치는 Hood 설계 변수를 찾기 위해 부분요인법(fractional factorial design)을 이용하였다. 민감도 해석을 위한 설계 변수의 수준을 설정하여 실험하였고 (Table 1), 유의수준 0.05의 pareto chart를 통해 영향력이 있는 변수를 스크리닝 하였다. 설계변수는 Hood-inner, Hood-outer, Hinge-body가 두부 상해치에 영향을 미치는 주요변수인 것을 확인하였다 (Fig. 3).

Table 1 Variable levels of Sensitivity [mm]

Level	t_inner	t_outer	t_body	t_hge	t_reinf
Low	0.5	0.6	3.1	2.4	1.0
High	0.9	1.0	3.5	2.8	1.4

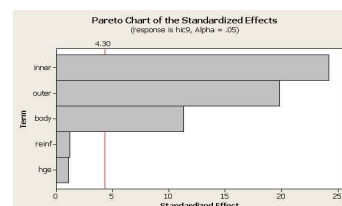


Fig. 3 Point 9 Sensitivity Result (pareto chart)

4. 최적화 과정

민감도 분석(sensitivity analysis)을 통해 확인한 3개의 설계 변수를 이용하여 중심합성계획법(central composite design)에 적용하였다 (Table 2).

Table 2 Central Composite Design Point [mm]

	- α	-1	0	1	α
t _{inner}	0.50	0.58	0.70	0.82	0.90
t _{outer}	0.60	0.68	0.80	0.92	1.00
t _{body}	3.10	3.18	3.30	3.42	3.50

최적화 과정은 유한요소 해석 프로그램인 LS-DYNA와 최적화 전용 프로그램 LS-OPT을 이용하였으며 metamodel 은 sequential with domain reduction을 사용하였다. sampling point로 설정한 각각의 지점에 대한 optimal 두께와 예측 값을 확인할 수 있었다 (Fig. 4 & Table 3).

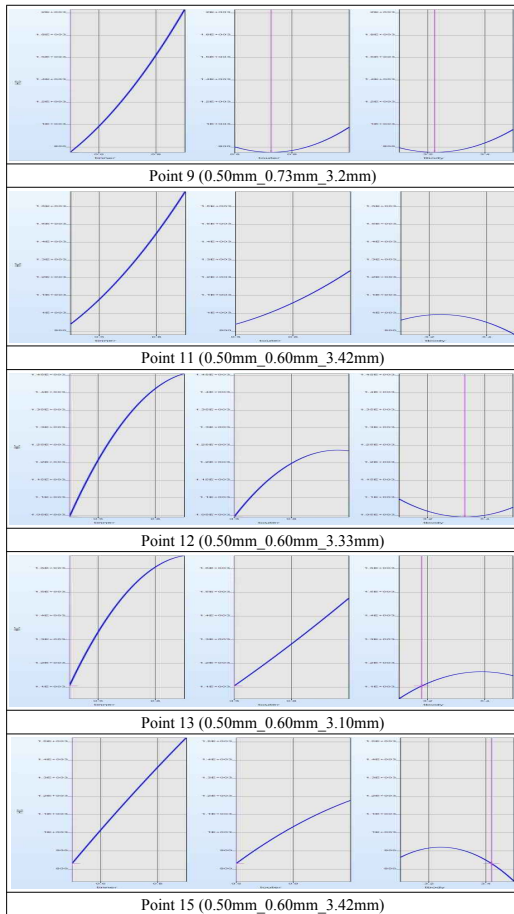


Fig. 4 LS- OPT Result

Table 3 Optimal Result

	P9	P11	P12	P13	P15
t _{inner} (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
t _{outer} (mm)	0.73	0.6	0.6	0.6	0.6
t _{body} (mm)	3.2	3.42	3.33	3.10	3.42
prediction	754.6	938	1045	1051	831.2
result	698.4	976	1028	1142	890.2

sampling point의 optimal 두께를 종합한 결과, reference 데이터와 비교했을 때 HIC를 최소 473에서 최대 795까지 감소시킬 수 있었다 (Table 4).

Table 4 Optimal Result

	inner 0.5mm	outer 0.6mm	body 3.42mm			
	P9	P11	P12	P13	P15	
Reference	1413	1449	1535	1834	1435	
Simulation	617.6	976	1030	1183	890.2	
Reduction	795.4	473	505	651	544.8	

5. 결론

본 연구는 민감도 분석을 통해 설계변수를 선정하였고 중심합성계획법에 적용시켰다. 결과는 다음과 같다.

1) 민감도 해석을 통해 HIC에 영향을 주는 설계 변수를 찾았고, 최적화 수행 시 실험 점을 줄일 수 있었다.

2) 최적화 과정을 통하여 sampling point에 대한 optimal 두께를 확인하였고, 이를 종합하여 전체적으로 최고의 효과를 낼 수 있는 optimal 두께를 구할 수 있었다.

향후 Hood의 형상변화를 통하여 보행자의 안전성을 높이는 차량 Hood 설계 연구가 수반되어야 할 것이다.

후기

본 연구는 지엠 코리아 오토엔테크놀로지 주식회사 기술연구소의 지원하에 수행 되었다.

참고문헌

1. 경찰청, "2010년판 교통사고 통계", 2010
2. 과학기술부, "충돌 안전 해석용 정밀 인체 모델 개발", 최종보고서, 17~21, 2007
3. Chris Galbraith, Dylan Thomas, Mark Finn, "Manufacturing Simulation of an Automotive Assembly", 4th European LS-DYNA Users Conference, E-III37-44, 2003
4. M. K. Shin, K. T. Park, K. B. Lee, H. I. Bae, "Design of the Active Hood Lift System Using Orthogonal Arrays", KSAE spring Conference, pp.123-131, 2006