

복미 강화NCAP 무릎상해 대응용 최적 니볼스터 구조 연구

백창인* · 최규상* · 정재윤*

The Optimized Knee Bolster Structure for US-NCAP

Paek, Chang In*, Choi, Kyu Sang*, Jung, Jae Yoon*

Key Words : Knee Bolster, Femur Injury, New US NCAP, SLED test

ABSTRACT

The US-NCAP was rated by the head and chest injury, but the new US-NCAP requires various dummy injury parts such as head, neck, chest, and femur. So, new restraint systems are needed. Particularly, the knee bolster must meet both unbelted and belted test condition requirements. This paper analyzed the dummy response of both test condition and suggested a knee bolster F-D requirement as well as a new knee bolster structure.

1. 서론

기존 복미 NCAP(56kph정면충돌)은 머리상해와 가슴상해로 등급을 평가하였다. 그러나 2010년부터 강화된 복미 NCAP의 경우 기존의 머리, 가슴 상해 뿐만 아니라 목상해, 무릎상해 항목을 추가 하였으며 상해 기준도 기존의 AIS4+에서 AIS3+로 변경되어 기존의 구속장치 구조로는 대응에 한계가 있다. 특히, 무릎 상해 개선을 위해서는 니볼스터(Knee Bolster)의 강도 약화가 필요한데 이 경우 40kph 정면 안전띠 미착용(Unbelted) 범규 시험 시 더미 거동이 과다 발생되어 가슴 및 목상해가 범규 불만족 되는 문제점이 발생되고 있다.

본 논문에서는 이에 대한 해결방안으로 NCAP 조건과 안전띠 미착용(Unbelted) 범규 시험 조건의 더미(Dummy) 반응 특성 차이를 비교하여 니볼스터에 요구되는 변위-하중특성을 분석하였으며 SLED 시험조건에서 성능 검증을 거친 뒤 최종 실차조건에서 확인 시험을 실시 하였다. 또한 향후 개발차종을 위한 NCAP과 Unbelted 조건을 모두 만족하는 최적의 니볼

스터 구조 및 형상을 제안 하였다.

또한 본 연구과제 수행을 위하여 더미 하지부 만으로 SLED 평가를 실시 하여 시험효율 향상 및 실차 재현 성능을 향상 시켰다.^{1)~4)}

2. 본론

2.1 니볼스터 구조

2.1.1 기존 니볼스터 구조의 문제점

기존의 니볼스터 구조는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 무릎과 니볼스터 브라켓이 일직선을 이루게 되어 실차 충돌에 의한 무릎이 니볼스터 브라켓 타격시 초기에 무릎 하중이 증가 하게 되어 더미를 구속 하게 된다. 이 구조는 무릎하중을 증대시켜 더미 거동을 제어시키는 방식으로 Unbelted 시험 조건에서는 더미 거동을 효과적으로 제어 할 수 있으나 벨트를 착용하고 있는 NCAP 시험에서도 Fig. 2에 나타난 것과 같이 무릎 하중이 필요 이상으로 증가된다. 또한 실제 사고에서도 무릎 하중이 증가 할 가능성이 크므로 실질적인 탑승객 안전을 위해서는 바람 직 하지 않다고 볼 수 있다.^{5)~6)}

만일 무릎 하중을 낮추기 위하여 니볼스터 브라켓

* 현대자동차

E-mail : cipaek@hyundai.com

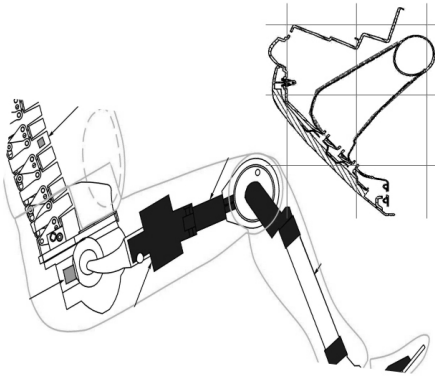


Fig. 1 운전석 니볼스터 구조(기존)

의 강도를 약화 시킬 경우 NCAP 시험시 무릎 하중은 낮아 질 수 있으나 Unbelted 시험 시 더미의 거동을 제어 할 수 없어 가슴 및 머리상해의 증가로 이어져 법규 불만족을 유발 하게 된다.

따라서 강화NCAP과 법규 두 가지 조건을 모두 만족 시키기 위하여 새로운 니볼스터 구조 검토가 필요하다.

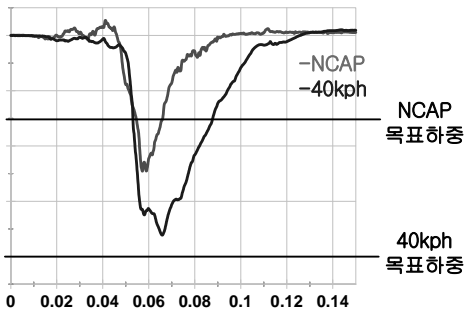


Fig. 2 시험조건 별 실차 무릎 하중그래프

2.1.2 개선 니볼스터 구조

위 그래프에서 알 수 있듯이 NCAP(56kph) 시험조건에서는 Unbelted(40kph) 시험조건보다 속도가 빠름에도 불구하고 벨트를 착용하고 있기 때문에 더미 이동량이 Unbelted 조건보다 상대적으로 작음을 알 수 있다. 따라서 개선 니볼스터의 구조는 NCAP영역(①번)에서는 무릎하중을 최소화하고 NCAP영역을 지나 Unbelted 영역(②번)에서는 더미의 거동을 최소화 할 수 있는 구조로 아래 Fig. 4와 같이 제안 하였다.

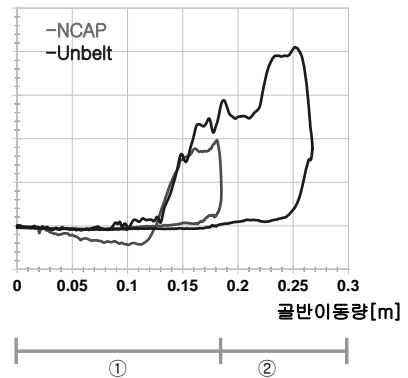


Fig. 3 무릎하중과 더미이동량과의 관계

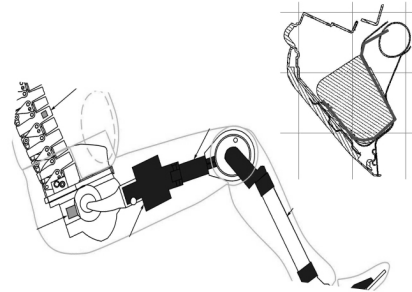


Fig. 4 운전석 니볼스터 구조(개선)

새로운 니볼스터 구조에서는 무릎 충격 위치와 충격발생시 변형점과의 위치를 이격 시켜 초기변형을 용이하게 하기 위한 'U'자형 구조를 적용하여 초기 변형하중을 낮추었으나 내부에 폼을 삽입하여 변형이 진행됨에 따라 강도를 증가 시키는 구조를 적용 하였다. 따라서, NCAP 조건과 Unbelted 조건의 더미 거동량 차이를 이용하여 무릎하중을 최적화 되었다. 즉 NCAP 조건에서 초기 변형 하중은 낮추고 Unbelted 조건에서는 더미 거동을 제어 할 수 있는 효과적인 구조라 할 수 있다.

본 논문에서는 NCAP 시험 조건에서 기존 니볼스터 브라켓과 개선 니볼스터 브라켓의 성능을 비교 평가 하고 개선 니볼스터 브라켓에 대해 법규 확인을 실시 하였다.

2.2 니볼스터 성능 검증 방법

개선 니볼스터 브라켓의 효과를 검증하기 위하여 SLED 시험으로 확인 한 후 최종 실차 시험을 통해

입증 하였다. 또한 시험의 효율성을 향상시키기 위해 시험 소요시간이 많이 요구되는 NCAP 시험에서는 Fig. 5에 나타난 것과 같이 골반 이하 차체부가 조립된 Half 더미를 사용하여 소요시간 및 소요 부품수를 절감 하여 효율적으로 검증 하였고 상대적으로 시험 소요시간이 적게 드는 Unbelted 시험은 Full 더미(Fig. 5)를 사용 하여 SLED 검증을 실시 하였다.

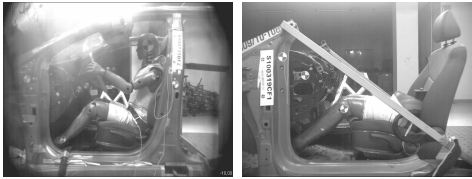


Fig. 5 Full 더미(좌) 및 Half 더미(우) 시험방법

2.2.1 NCAP (56kph 정면, Half 더미) 성능검증

Half 더미를 사용하여 개선 니볼스터를 검증하기 위해서는 먼저 Half 더미로 현재 니볼스터 성능을 평가 하였을 때 실차와 유사한 수준이 나오는 것을 확인 하여야 한다.

현재 니볼스터 구조에서 발생하는 무릎 하중과 동일 수준의 무릎 하중이 발생하는 것을 확인 하기 위하여 Half 더미의 골반속도를 조정하여 무릎 하중을 상호 비교 하였다. 실차시험시 발생하는 침입량을 고려하여 Half 더미더미의 골반속도는 실차시험 때 보다 크게 설정하였다.

아래의 Table 1과 Fig. 6의 그래프는 골반속도와 무

Table 1. 더미 골반속도와 무릎하중 시험결과

	골반속도 (m/s)	무릎하중 (kN)
Full 더미 (실차)	4.8	4.9
Half 더미 (SLED)	6.1	4.8

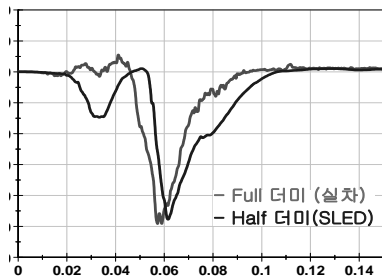


Fig. 6 더미 차이에 따른 무릎 하중 그래프

릎 하중과의 관계를 비교 한 것으로 실차 조건 무릎 하중과 Half 더미의 무릎 하중 그래프의 파형과 크기가 각각 4.9kN, 4.8kN으로 상호 유사한 것으로 볼 수 있다. 따라서 Half 더미를 사용하여 개선 니볼스터 사양을 평가 하여 실차 시험 결과를 예측 하는 것이 가능 하다고 판단 할 수 있겠다.

2.2.2 Unbelted(40kph 정면, Full 더미) 성능검증

Unbelted 시험조건에서는 무릎 하중이 감소되어 더미 거동량이 증가 하면 머리상해, 가슴상해, 목상해에 영향을 미치게 되므로 기존 검증방법인 Full 더미를 사용 하여 검증을 하였다.

2.3 니볼스터 성능 확인

2.3.1 NCAP (56kph 정면) 시험결과

Fig. 7은 니볼스터 브라켓 개선 전,후의 무릎하중 시험결과 그래프이다. SLED 개선 시험결과 무릎 하중은 Fig. 8에 나타난 것과 같이 4.8kN에서 2.3kN으로 2.5kN 개선되었음을 알 수 있고 개선 니볼스터 사양에 대해 실차 시험시 무릎 하중이 1.7kN으로 3.2kN 개선됨을 알 수 있다. 또한 이 결과를 통해 Half 더미를 사용한 SLED 검증 방법이 유효 함을 알 수 있다.

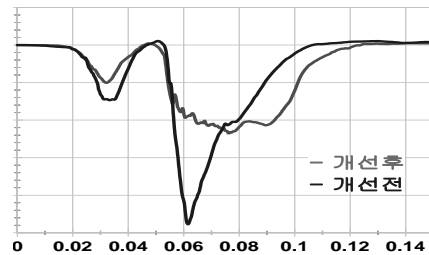


Fig. 7 니볼스터 개선전/후 무릎 하중 그래프(SLED 시험결과)

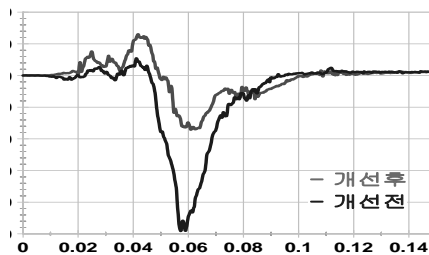


Fig. 8 니볼스터 개선전/후 무릎 하중 그래프(실차 시험결과)

2.3.2 Unbelted (40kph 정면) 시험결과

Fig. 9는 니볼스터 개선 후 무릎 하중 그래프 이며, Table2에 나타난 것과 같이 무릎 이외 모든 상해가 법규 만족 하였다.

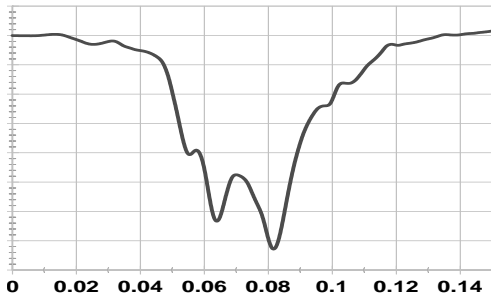


Fig. 9 개선 니볼스터 적용시 무릎하중

Table 2. 개선 니볼스터 적용시 더미 상해결과(40kph, 정면)

	HIC15	목(Nij)	가슴 가속도(g)	가슴 변위 (mm)	무릎하중 (N)
법규상해	700	1	60	62	1000
실차결과	108	0.25	43.5	41.5	575

2.4 니볼스터 브라켓 성능 요구 안

위 시험결과를 통해 더미 골반 이동량과 무릎하중의 관계를 그래프로 그리면 아래 Fig. 10과 같이 나타낼 수 있다. 또한 이 그래프를 통해 상품성과 법규를 모두 만족시킬 수 있는 니볼스터 특성곡선을 제시 하였다.

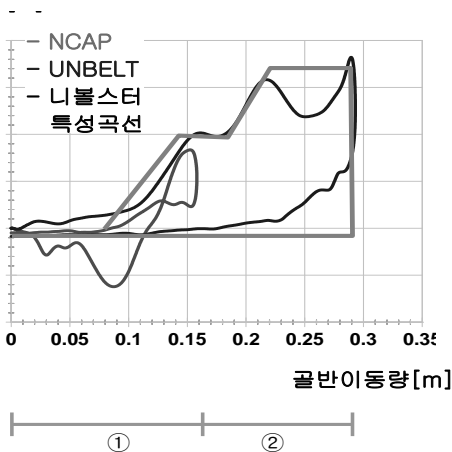


Fig. 10 무릎하중과 더미 이동량과의 관계

3. 결론

새롭게 도입된 복미 강화NCAP과 법규를 동시에 만족시키는 니볼스터 브라켓의 형상 및 요구성능을 제시 하기 위해 SLED 검증 및 실차 확인 시험을 통하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 현 니볼스터 브라켓의 구조는 초기 무릎 접촉시 무릎 하중을 증가시키는 구조로 2010년 새로 도입된 복미 강화 NCAP을 대응 하기에 적합하지 않은 구조이다. 따라서 새로운 개념의 니볼스터 브라켓 구조가 필요 하다.
- (2) 개선된 니볼스터의 구조는 더미의 거동이 NCAP영역에서는 무릎하중을 낮추어야 하고 Unbelted 영역에서는 더미 이동량을 억제 할 수 있는 구조 여야 한다.
- (3) 위 개념을 만족시키기 위해 니볼스터 브라켓에 Foam을 추가하여 초기 NCAP영역에서는 무릎 하중을 낮추고 Unbelted 영역에서는 Foam과 니볼스터 브라켓으로 더미거동을 효과적으로 제어 할 수 있는 형상을 제안하였다
- (4) 제안된 니볼스터 브라켓의 성능을 검증하기 위해 실차 시험전 SLED 시험을 통해 성능을 사전 검증 하였으며 Half 더미를 사용하여 시험 소요시간을 축소 시켰다.
- (5) Half 더미를 사용한 무릎 하중 시험결과는 실차 시험 결과를 잘 모사 하였으며 개선 니볼스터 브라켓의 성능을 예측 하는데 유용한 시험방법임을 확인 하였다.
- (6) 본 연구를 통해 향후 니볼스터 브라켓 설계시 법규 및 상품성을 만족 시킬수 있는 니볼스터의 성능 곡선을 제안 하였으며 Half 더미를 사용하여 개발기간 및 시행착오를 단축 시켰다.

참고문헌

- (1) James R. Hackney, Charles J. Kahane, Vincent R. Quarles, "The new car assessment program~ Historical review and review" SAE 941052, 1994.
- (2) National Highway Traffic Safety Administration, [Docket No. NHTSA-2006-26555], 2008.
- (3) NHTSA - NCAP - Frontal Impact Test Procedure - August 2008 [NHTSA-2008-0140].
- (4) J. D. States, D. F. Huelke, L. N. Hames,

- “AMA-SAE-AAAM revision of the Abbreviated Injury Scale,” SAE 1974-12-0034.
- (5) Ulrich Seiffert, “Occupant protection in motor vehicle accidents.” SAE 870490, 1987.
- (6) D. Kallieris, A. Rizzeti, R. Mattern, “The bio-fidelity of hybrid III dummies.” SAE 1995-13-0010.