

Bio RID II와 Hybrid III의 후방추돌 시험 비교연구

A Comparison of the Hybrid III & Bio RID II in rear impact sled test

*#김시우¹, 심소정¹, 윤경한¹, 신웅수², 윤영한³

*S. W. Kim(wawoo@ts2020.kr)¹, S. J. Shim¹, K. H. Yoon¹, W. S. Shin², Y. H. Yoon³

¹교통안전공단 자동차성능연구소, ²경일대학교 기계공학부, ³한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

Key words : BioRID II, Hybrid III, Whiplash, Rear-impact

1. 서론

자동차 교통사고에서 후방추돌 사고비율은 상당히 높으며 그에 따라서 발생하는 탑승자의 목상해 빈도 또한 높다. 우리나라 교통사고 통계를 보면 전체 차대차 사고에서 후방추돌사고가 36%로서 측면충돌 다음이고 상해정도에서도 사망률이 29%이며 부상율이 39%로서 정면충돌사고의 비율보다 높은 것으로 보고 되어 지고 있다.¹⁾ 이는 우리나라에만 국한된 현상이 아니라 전세계적으로도 후방추돌에 의한 목상해 비율이 높게 나타나고 있으며 이를 방지하기 위해 국내외에서는 자동차안전도평가(NCAP)와 좌석 및 머리지지대의 자동차안전기준을 강화하는 추세에 있다.

후방추돌 등에서 탑승자의 목상해를 보호하는 장치로는 머리 지지대와 좌석이 있으며 동 장치에 대한 규제는 자동차안전기준에서 최소한의 성능 기준을 요구하고 있다. 1970년대 미국에서는 과도한 목젖힘(Hyper extension)을 방지하기 위하여 머리지지대 기준(FMVSS202)을 제정하였고, 우리나라에서는 1993년 이 기준을 우리나라 머리지지대 자동차안전기준으로 도입하였다. 그러나 최근 발생하는 목상해의 유형을 보면 과도한 목젖힘에서 발생하는 사고보다 저속 후방추돌 사고의 빈도가 매우 높고 추돌 시 발생하는 편타성(Whiplash) 목상해가 대부분을 이루고 있다. 따라서 국제적으로도 후방추돌에 의한 목상해 방지를 위해 활발한 연구를 진행하고 있고, IIHS에서는 저속추돌시 목상해방지를 위한 안전도평가를 시행해 왔다. 자동차안전기준의 측면에서도 저속 후방추돌시 목상해를 방지하기 위한 머리지지대 관련 기준을 미국에서 최초로 도입(FMVSS 202a)하였으며, 국제적으로도 1998협정에 의해 UNECE WP29에서도 머리지지대 세계기술규정(GTR)을 2008년 3월 제정하였고 Active 머리지지대에 대한 안전기준 검토를 위해 2단계 연구를 추진할 계획에 있다.²⁾ 그러나 현행의 기준과 통과된 머리지지대 GTR에는 Dynamic 평가시 HybridIII만을 적용하고 있어 이에 대한 추가적인 연구 등이 제기되었고 Active 머리지지대에 대한 정확한 평가를 위해 세계기술규정(GTR)에서도 새로운 시험절차 및 상해기준 검토를 위한 연구를 진행함에 따라 본 연구는 향후에 검토하게 될 머리지지대 2단계 연구와 고령자에 대한 후방추돌관련 시험절차 개발 등을 위하여 지금까지 많은 국내외 연구를 통하여 검증된 HybridIII와 BioRIDII를 사용하여 Active 머리지지대가 장착된 좌석과 Non-Active 머리지지대 좌석에 대한 후방추돌 모의(Sled) 시험을 통한 두 인체모형 간의 거동과 상해값 비교를 하고자 한다.

2. 시험절차

가. 개요

지금까지 많은 연구를 통해 BioRIDII와 HybridIII Dummy에 대한 비교시험이 실시 되었으나³⁾ 실제적으로 Active와 Non Active 머리지지대에 대한 비교 시험은 많지 않았다. 따라서 두가지의 인체모형 반응특성을 좀 더 정량적으로 비교하기 위해 현재 양산되는 자동차에 적용되고 있는 대형승용자동차의 Active 머리지지대가 장착된 좌석(Seat A)과 또 다른 Non Active 머리지지대가 장착된 좌석(Seat B)에 대하여 BioRIDII 평가를 각 2회 실시하였으며 HybridIII 평가를 각 1회 시행하였다.

나. 시험절차

시험절차는 우리나라 좌석안전성 안전도평가 시험방법³⁾을

사용하였고 가속형 Sled장비로 후방추돌펄스를 가하여 평가 하였다. 좌석 및 머리지지대에 작동할 수 있는 모든 매커니즘을 중앙위치로 설정 한 후 3차원 마네킨을 착좌시켜 HRMD를 장착 하고 머리지지대와 HRMD간의 간격(후방간격)과 3차원 마네킨의 H-point를 측정하여 기록한 후 BioRIDII 또는 HybridIII를 착좌 시키고 각각의 Dummy H-point와 3차원 마네킨의 H-point 및 후방간격을 조정하여 시험을 실시하였다. Dummy 착석관련 허용 오차는 Table 1과 같다.

Table 1 Dummy setting in seat

항 목	착석 기준값	허용오차
X축 방향 H 점	전방+20mm	±10mm
Z축 방향 H 점	0mm	±10mm
골반 각도	26.5도	±2.5도
머리 상단부 수평여부	0도	±1도
후방간격(backset)	전방+15mm	±5mm

Test 1과 Test 2는 BioRIDII 착좌시켰고, Test 3는 HybridIII를 착좌하여 시험하였으며, 시험 전과 후의 Dummy의 착석상태 등을 확인하기 위하여 관련 사진을 촬영하였으며 시험 중 Dummy의 거동을 분석하기 위하여 고속카메라로 초당 1000장의 장면을 촬영하였다.

다. Dummy

HybridIII 50th percentile 남성 Dummy와 BioRIDIIg model Dummy가 사용되었다.

HybridIII의 목은 X, Y방향으로 회전이 가능하며, 목의 전후와 측면 굽힘반응은 성인남성 긴장된 근육상태의 목 굽힘과 일치한다.³⁾

BioRID는 Swedish 컨소시움에서 설계 되었으며 저속충돌에서 탑승자와 유사하게 반응하도록 유연한 몸통과 구분되는 척추로 개발되었다. BioRIDII의 머리와 다리, 팔은 HybridIII와 동일하며 목과 척추 부분은 Fig 2와 같이 각각의 부분으로 Y방향에서 고정되어 있으며 머리에서 골반까지 연결되어 있다. HybridIII와 동일하게 목과 척추부분은 Y 방향으로 회전은 가능 하지만 X 또는 Z 방향으로의 회전을 불가능하다.



Fig. 1 Bio RIDII

시험결과 평가를 위해 Dummy에 센서를 설치하였으며 그 내역은 Table 2와 같다.

Table 2 Dummy instrumentation of measurements

Dummy Type	Instrumentation	Filter Level
Hybrid III	Head C.G. Tri-axial Acc.	CFC 60, 1000
	6-axis Upper Neck load cell	CFC 1000, 600
Bio RID2	Head C.G. Tri-axial Acc.	CFC 60, 1000
	6-axis Upper Neck load cell	CFC 1000, 600
	T1 One-axial Acc.	CFC 60

라. 시험펄스

2007년 자동차성능연구소에서 검토한 보고서에 의하면 우리나라의 후방추돌사고는 전체누적사고의 85%가 약 16km/h에서

발생한다고 보고되고 있다.⁴⁾ 따라서 시험과형은 최고가속도 10g이며, 평균 가속도 5.5g로서 16km/h의 충돌속도에너지를 가지며 펄스과형은 Fig 2와 같은 펄스로서 비교시험을 실시하였다. 본 연구에 사용한 후방충돌용 펄스는 이미 IIWPG에서 좌석안전성 시험으로 평가를 시행하고 있고, 우리나라 좌석안전성 자동차안전도평가 및 Euro-NCAP⁵⁾에서 시행할 예정인 펄스과형과 동일한 시험과형이다.

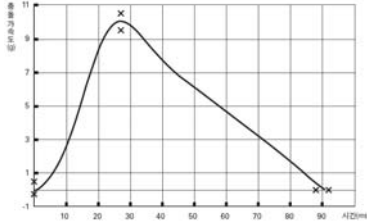


Fig. 2 Sled pulse in rear impact

마. 시험용 좌석

시험에 사용된 Seat A는 Active 머리지지대가 장착된 운전석 좌석으로 전기적인 신호에 의해 작동하는 매커니즘이 아니라 후방충돌시 탑승자의 몸통이 후방으로 이동됨에 따라 좌석등받이에 설치된 레버를 밀어 머리지지대가 앞으로 이동되도록 설계되어진 방식이며 Seat B는 Seat A와 동급의 자동차 좌석으로 Non-Active 사양의 머리지지대가 장착된 좌석이다.

3. 시험결과

시험결과는 머리상해지수인 HIC₁₅와 머리지지대와 Dummy의 후방간격(Backset), Dummy 머리가 머리지지대에 접촉하는 시간과 반발속도, 목의 상부에 작용하는 X방향 전단력과 Z방향 인장력, T1가속도계 값에 의한 NIC 및 목 상부 전단력X와 Y방향 모멘트에 의한 Nkm 중 8항목에 대해 검토하였다.

후방충돌시 경추부가 S자 형태가 됨에 따라 편타성상해(whiplash injury)가 발생하는 T₀~1) T_{HRC(end)} 구간에 계측된 값을 확인하였으며 그 결과를 Table 3에 정리 하였다.

HIC₁₅의 경우 BioRIDII는 23정도이며 HybridII는 17로 의미를 부여하기에 너무 작은 결과가 확인되었다.

머리지지대 최초 접촉시간이 Backset에 따라 차이가 있음을 수치적으로 확인하였고, 계측결과로 본 Dummy 거동에서 HRV가 Seat A의 BioRIDII에서는 3.87m/s와 3.94m/s, HybridIII에서는 3.03m/s를 Seat B의 BioRIDII에서는 4.13m/s와 3.98m/s, HybridIII에서는 3.11m/s로 BioRIDII가 높은 경향을 보였다.

Fx의 경우 계측값의 편차가 있으나 HybridIII가 높은 경향을 보였으며, 이에 반해 축방향 하중인 Fz는 BioRIDII가 높았으며 Nkm⁶⁾의 경우더 마찬가지로 BioRIDII가 높게 나타났다.

Table 3 Test Results

구분	HIC ₁₅	Backset (mm)	HCT (ms)	HRV (m/s)	Fx (N)	Fz (N)	NIC ⁷⁾	Nkm (mf/s ²)
SeatA (Active)	Test1	24	84	105	3.87	122.35	-	11.59
	Test2	22	77	102	3.94	108.47	486.16	11.97
	Test3 (Hybrid)	15	88	107	3.03	191.72	286.89	-
SeatB (Non Active)	Test1	24	64	90	4.13	159.71	696.21	13.44
	Test2	22	62	86	3.98	108.74	681.53	13.23
	Test3 (Hybrid)	18	65	75	3.11	120.60	392.04	-

※ HRV³⁾ : Max(Head rebound velocity), HCT : Head initial contact time

4. 결론

Hybrid III 50%tile은 정면충돌용으로 개발된 Dummy로서 후방

충돌용으로는 생체충실도가 좋지 않다고는 하나 FMVSS 202a와 2008년 3월 WP29총회에서 통과되어 제정예정인 머리지지대 GTR에 후방충돌 Dynamic시험에 적용되고 있다. 본 연구에서는 머리지지대 관련 자동차 안전기준에서 사용하고 있는 HybridIII Dummy와 아직 기준에는 포함되지 않지만 후방충돌 관련 NCAP에서 사용하는 BioRIDII Dummy를 이용하여 동일한 시험조건에서 시험을 할 경우 그 결과값 등을 비교하여 두 Dummy간의 결과값 차이를 정량적으로 확인하였다. 또한 고속촬영영상 분석으로 Dummy 목과 척추가 서로 상이한 두 Dummy의 거동결과를 HRV로 확인하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) Active와 Non-Active 머리지지대에서 BioRIDII가 HybridIII 보다 Fx를 제외하고 계측결과 값이 높게 확인되었다. 이는 Dummy의 척추 및 경부의 특성에 따른 거동의 차이로 인한 결과로 사료되며 Active 머리지지대가 Non-Active 머리지지대보다 더 낮은 계측결과값이 확인됨에 따라 목상해 방지를 위해서는 Active 머리지지대가 효과적인 것으로 판단된다.

2) BioRIDII와 HybridIII의 후방충돌에 대한 계측값이 상이함으로 Seat 개발 시 시험용 Dummy 선택에 따라 서로 다른 개발양상을 가질 수 있고 실제 후방충돌 교통사고에서 효과가 다르게 나타날 개연성이 있을 것으로 판단된다.

3) 따라서 현존하는 FMVSS 202a와 머리지지대 GTR에서 머리지지대에 대한 후방충돌에 대한 Dynamic 평가 시 HybridIII만으로 평가하는 것은 BioRIDII 평가와 상당한 차이가 있어 향후 자동차 안전기준 제개정시 HybridIII 적용에 대한 충분한 고려와 BioRIDII에 대한 추가적인 연구 등의 제고가 필요하다고 판단된다.

후기

본 연구는 국토해양부의 교통체계효율화사업(과제번호 #06교통핵심 C01, "안전지향형 교통환경 개선 기술개발 : 고령자친화형 자동차 안전성향상 기술개발")과 2007년 "자동차안전도평가사업-좌석 동적평가방법연구"에 의해 수행되었다.

참고문헌

1. 교통사고 통계분석 2007, 도로교통안전관리공단
2. UNECE WP29 GRSP, "Proposal for draft global technical regulation concerning head restraints", ECE/TRANS/WP.29/2008/54 & "Reports of the World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations on its 144th session (11-14 March 2008), Administrative Committee of the 1958 Agreement on its thirty-eighth session (13 March 2008), and Executive Committee of 1998 Agreement on its twenty-second session (13 and 14 March 2008)", ECE/TRANS/WP.29/1066
3. A. Kim, K.F.Anderson, "A comparison of HybridIII and BioRIDII Dummies in Low-severity, Rear-Impact Sled test", SAE 2001-22-0012, 2001.
4. 국토해양부 고시 제2008-69호, "자동차안전도평가시험등에 관한규정, 별표8 좌석안전성시험방법 및 평가방법", 2008
5. 건설교통부, "2007년도 자동차 안전도 평가 연구 보고서", 2007. 12
6. EURO-NCAP, "The dynamic assesment of car rear seats for neck injury protection" Version 2.7 Drafts, 2008.3.20
7. K.-U. Schmitt, "A New Neck Injury Criterion Candidate for Rear-End Collisions Taking into Account shear force and Bending moments, paper No. 124 , ESV 1997
8. Bostrom, O., (1996) A New Neck Injury Criterion Candidate - Based on Injury Findings in the Cervical Spinal Ganglia After Experimental Neck Extension Trauma. IRCOBI Conference, Dublin (Ireland), pp. 123 - 134.

1) T_{HRC(end)} : Dummy의 머리와 머리지지대의 접촉이 종료되는 시간