

고령자용 자동차 전조등의 눈부심 및 시인성 평가

(Evaluation of Glare and Forward Visibility of Headlamp for Elder Friendly Vehicle)

강병도* · 김형구**

(Byung-Do Kang · Hyoung-Gu Kim)

Abstract

The elder population with 65 years old or more in Korea has been entered into an aging society as 9.1[%] in 2005 to 14.3[%] in 2018. The elder population in 2026 will be expected to 20.8[%] with the rapid aging society. In this study, there has been conducted a study on development of headlamp for elder friendly vehicle in order to from two different groups, one group for elder with over 65 ages, the other group for compared ages(20 ages, 30~50 ages). Glare test and forward visibility test were performed on wet and dry road conditions. As the result of these tests, it showed to prefer headlamp installed partially yellow coated bulb, which gives warm feeling on dry road condition. Forward visibility of headlamp which developed to fit on wet road condition is similar to existing HID headlamp. Glare was evaluated less than halogen and HID headlamp. However, it need to more improve glare and forward visibility performance of headlamp for old drivers.

Key Words : Elder Friendly Vehicle, Headlamp, Glare, Forward Visibility

1. 서 론

2000년 우리나라는 이미 65세 이상 고령인구가 전체 인구의 7.2[%]로 고령화 사회에 진입하여 2005년 9.1[%], 2010년 현재는 약 11[%]에 접어들었다. 이러한 추세로 보아 2018년 14.3[%]로 고령사회에 진입하고, 2026년에는 고령인구가 20.8[%]로 초고령 사회로 접어들 것으로 예상된다[1]. 고령자 교통사고 통계를

보면 2007년 21,134건, 2008년 23,012건으로 8.9[%] 증가하였고 전체사고 215,822건의 10.7[%]를 차지하고 있다[2]. 이에 따라 고령자의 교통사고를 예방하기 위한 노력으로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 야간운전에 필수적인 고령자의 정·동적 시력은 젊은층에 비해 약 30[%]정도 저하되는 생리적 특성이 있으며, 동일한 광원에 노출되었을 때의 눈부심 및 민감도도 증가되는 것으로 보고되고 있다[3-4]. 이에 따라 고령자들이 쾌적한 야간운전을 위하여 고령자용 전조등의 개발이 절실히 필요하다.

고령자용 전조등은 야간 운전시 고령운전자의 시인성 향상을 위해 광원 및 근거리 배광성능을 향상시킨 기본 변환빔과 우천시 젖은노면에 반사되는 빛에 의

* 주저자 : 교통안전공단 자동차성능연구소
** 교신저자 : 교통안전공단 자동차성능연구소
Tel : 031-369-0370, Fax : 031-369-0380
E-mail : luminance@hanmail.net
접수일자 : 2010년 7월 29일
1차심사 : 2010년 8월 10일, 2차심사 : 2010년 9월 10일
심사완료 : 2010년 1월 26일

한 눈부심을 최소화하기 위한 악천후 전조등 시스템이 포함된다.

본 연구에서는 고령자용 전조등의 기본 변환빔 개발을 위한 광원 선정 및 시인성 평가 실험을 수행하였으며, 악천후 전조등 시제품의 성능평가를 위해 젓은 노면상에서 눈부심 및 전방시인성 평가실험을 수행하였다.

2. 실험방법

2.1 고령자용 변환빔의 광원선정 및 시인성

실험에 사용한 광원은 그림 1과 같이 H7 할로겐 전구(필립스, 12[V]55[W]), H7 황색코팅 전구(남영전구, 12[V]55[W]), H7 부분황색코팅 전구(필립스, 12[V]55[W]), D2S(오스람, 12[V]35[W]) 가스방전식 전구(HID, High Intensity Discharge)등 총 4가지를 선정하였고 각각의 전구는 그림 2와 같이 그랜저 TG 전조등에 장착하여 실험을 수행하였다.

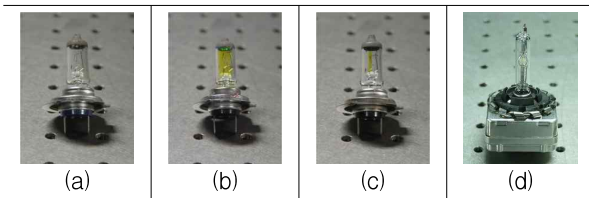


그림 1. 시험에 사용된 광원 : H7 할로겐 전구(a), 황색코팅 전구(b), 부분황색코팅 전구(c), 가스방전식 전구(d)

Fig. 1. Light sources used test : H7 halogen bulb(a), yellow coated halogen bulb(b), partially yellow coated halogen bulb(c) and HID bulb(d)



그림 2. 그랜저 TG 자동차와 전조등
Fig. 2. GRANDEUR TG and Headlamp



그림 3. 다양한 광원의 눈부심 평가
Fig. 3. Glare test with various lamps

평가실험은 65세이상 고령자 15명과 비교군 20대 6명, 30~60세 10명의 피실험자를 대상으로 자동차성능연구소 내에서 실시하였다.

눈부심 평가방법은 그림 3과 같이 2대의 관측 차량에 탑승하여 선정된 4가지 광원을 장착한 시험차량이 관측차 전방 100[m]지점부터 관측차량 방향으로 주행하며 각 전조등에 대한 눈부심의 정도를 Table 1과 같이 9단계의 눈부심 평가 지수인 드보어 눈부심 지수를 이용하여 평가 하였다[5].

드보어 눈부심 평가 지수(De Boer glare index)는 불쾌 눈부심을 평가하는 대표적인 감성평가 지표이며, 눈부심 정도를 9단계로 나눈 것으로, 눈부심 지수 5는 눈부심 허용한계로 눈부심 지수가 5보다 작을수록 눈부심이 커지는 것을 의미하며 눈부심 지수가 5보다 클수록 눈부심이 적음을 나타낸다.

표 1. 드보어 눈부심 지수
Table 1. De Boer glare index

눈부심 지수	내 용
1	견딜 수 없는 눈부심
2	-
3	운전에 방해가 되는 눈부심
4	-
5	눈부심의 허용한계
6	-
7	눈부심을 충분히 허용할 수 있다.
8	-
9	눈부심을 느끼지 않는다.



그림 4. 광원조건별 시인성 평가
Fig. 4. Visibility test as a function of light sources

또한 그림 4와 같이 전방시인성 평가를 위해 4가지 광원을 장착한 시험차량을 피실험자가 실제로 운전하며 전방의 장애물, 도로표지판, 도로중앙선의 인지정도를 5단계(5 : 매우 좋음, 4 : 좋음, 3 : 보통, 2 : 나쁨, 1 : 매우 나쁨)로 나누어 평가하였다. 또한 야간 운전시 가장 편안한 느낌을 주는 전구의 광색도 평가하였다.

2.2 악천후 전조등의 눈부심 및 시인성

그림 5와 같이 고령자용 악천후 전조등의 우천시 눈부심 및 시야 확보 성능 비교 평가를 위하여 H7 할로겐(필립스, 12[V]55[W])전구, D2S(오스람, 12[V]35[W]), D2S 가스방전식 전구를 사용한 악천후 전조등 시제품 등 3종류에 대한 눈부심 및 시인성 평가를 수행하였다[6].

또한 각각의 광원은 그랜저 TG 차량에 장착하여 실험하였다.



그림 6. 악천후 전조등 시제품의 배광 분포
Fig. 6. Light distribution of prototype adverse headlamp

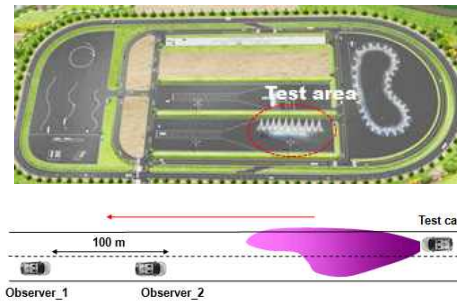


그림 7. 눈부심 평가 : 할로겐, 가스방전식, 악천후 전조등 시제품

Fig. 7. Glare test with various headlamps : Halogen, HID and prototype adverse headlamp

그림 6은 마른 노면에 조사된 악천후 전조등 시제품의 배광패턴을 나타내고 있으며 노면에 조사된 빛이 차단되어 음영이 발생하고 있음을 볼 수 있다. 악천후 전조등 시제품은 10~20[m] 전방 노면에 조사되는 빛의 양을 줄이기 위해 전조등 내부에 빛가림막(shield)을 설치하여 젖은 노면에서 반사되는 빛의 양을 줄여 눈부심을 최소화하도록 설계하였다[7].

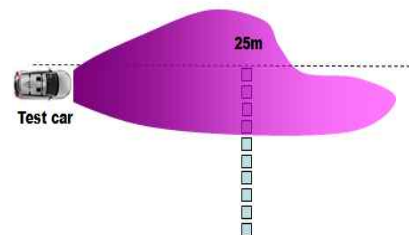


그림 8. 전조등별 시인성 평가 : 할로겐, 가스방전식, 악천후 전조등 시제품

Fig. 8. Visibility test with various headlamps : Halogen, HID and prototype adverse headlamp

전방 시인성 평가는 65세 이상 고령자 34명과 20~60세 비교군 12명으로 고령자 및 비교군의 평균 연령은 각각 69.6세, 38.2세였다. 실험 장소는 그림 7

과 같이 젓은 도로를 구현할 수 있는 교통안전공단 안전운전체험연구센터(경북 상주)의 직선로에서 수행하였다.

전방 시인성은 그림 8과 같이 젓은 노면상태에서 중앙선을 기준으로 전방 25[m] 위치에서 우측으로 2[m] 간격으로 20×20[cm] 크기인 회색 사각형의 목표물 10개를 설치하여 전조등 조건별 목표물 인지개수를 평가하였다.

3. 실험 결과

3.1 고령자용 변환빔의 눈부심 평가

그림 9는 전조등 광원별 드보어 눈부심 지수 평가결과로 20대는 황색코팅 전구(7.3)<할로겐전구(6.5)=부분황색코팅 전구(6.5)<HID 전구(4.3) 순서로 HID 전구가 가장 눈부시다고 평가하였다.

또한 30~60대는 할로겐 전구(7.5)<황색코팅 전구(7.3)<부분황색코팅전구(5.7)<HID 전구(5.3), 65세 이상 고령운전자는 할로겐 전구(7.1)<부분황색코팅전구(6.0)<황색코팅 전구(5.9)<HID 전구(5.3) 순으로 HID 전구가 가장 눈부심이 큰 것으로 평가하였다.

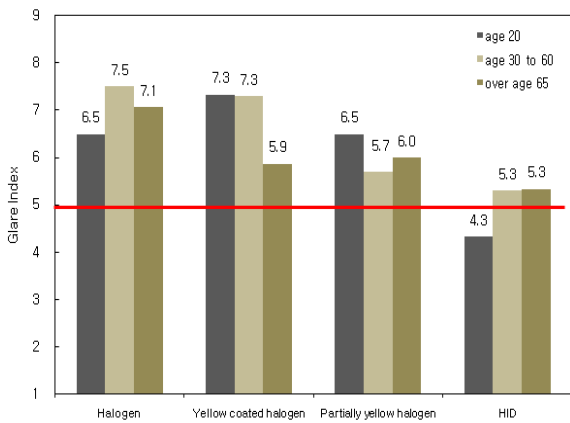


그림 9. 드보어 눈부심 지수 평가 결과
Fig. 9. Results of De Boer glare index

평가지 사용된 전구의 광색은 그림 10과 같으며 할로겐 전구와 비교하여 황색코팅 전구는 다소 어두운 느낌의 황색계열의 빛을 발산하나, 부분황색코팅 전구

는 할로겐 전구와 유사한 광색으로 더 많은 광량으로 노면에 조사되고 있음을 알 수 있었다.

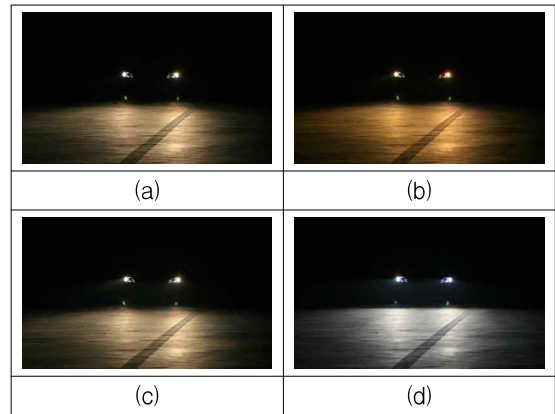


그림 10. 광원별 광색 : 할로겐 전구(a), 황색코팅전구(b), 부분황색코팅전구(c), 가스방전식 전구(d)
Fig. 10. Light colors of bulbs : H4 halogen(a), yellow coated halogen lamp(b), partially yellow coated halogen lamp(c) and HID lamp(d)

3.2 고령자용 변환빔의 전방시인성 평가

전방 시인성 평가는 5점 척도로 하여 장애물의 인지 정도를 평가하였으며, 평가결과 그림 11과 같이 65세 이상 고령자는 할로겐 전구(3.0개)<황색코팅 전구(3.2개)<부분황색코팅 전구(3.3개)<HID 전구(3.6) 순으로

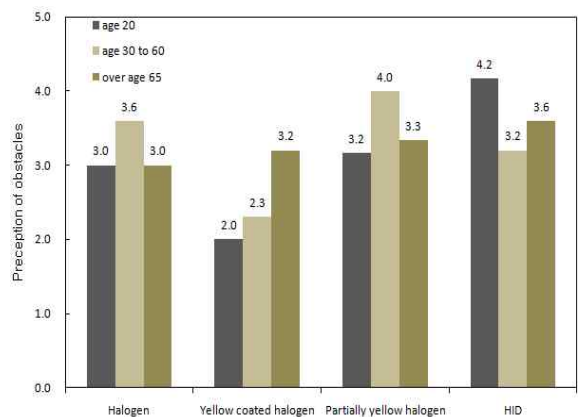


그림 11. 전방시인성 평가 결과 : 전방장애물 인지 개수
Fig. 11. Results of visibility test : Perception performance of obstacles

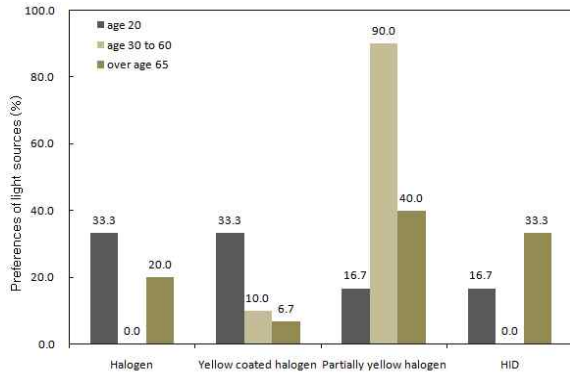


그림 12. 전조등 광원별 선호도 결과
Fig. 12. Results of preferences of headlamp

HID 전구를 광원으로 사용한 전조등의 시인성이 가장 우수하였다.

한편 야간 운전시 가장 편안한 느낌을 주는 전구의 선호율은 그림 12와 같으며 20대에서는 HID 전구 16.7[%]=부분황색코팅 전구 16.7[%]<황색코팅 전구 33.3[%]=할로겐 전구 33.3[%] 순으로 평가되었다.

30~60세와 65세 이상 고령자는 황색부분코팅전구를 각각 90[%], 40[%]로 선호하는 것으로 평가되었다. 이 결과를 토대로 하여 고령자용 변환빔의 적용광원은 광도성능이 향상되고 가스방전식 전구보다 부드러운 광색을 가진 부분황색코팅 전구를 선정하여 고령자용 전조등 배광설계를 수행하였다.

3.3 악천후 전조등 시제품의 눈부심 평가

그림 13은 악천후 전조등 시제품의 젖은 노면상태에서의 드보어 눈부심 지수 평가 결과를 나타낸 것이다.

65세 이상 고령자의 경우, 할로겐 전조등(4.3)<악천후 전조등 시제품(3.2)<HID 전조등(2.8) 순으로 눈부심이 큰 것으로 평가하였다. 모든 전조등이 허용눈부심 한계이하로 평가되어 운전에 방해를 주는 눈부심을 주는 평가되었으나 악천후 전조등 시제품(눈부심지수 3.2)은 동일한 광원을 사용하는 HID 전조등(눈부심지수 2.8)보다 눈부심이 적은 것으로 평가 되었다.

또한 비교령자들도 할로겐 전조등(3.8)<악천후전조등 시제품(2.8)<HID 전조등(2.4) 순으로 동일한 결과로 평가되었다.

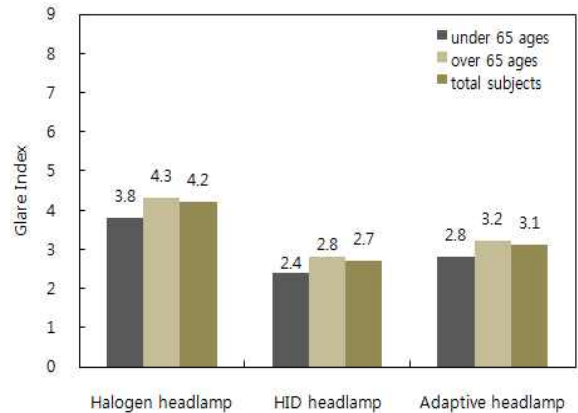


그림 13. 드보어 눈부심 지수 평가 결과
Fig. 13. Results of De Boer glare test



그림 14. 전조등별 노면 조사 성능
Fig. 14. Illumination performance of various headlamps : Halogen(a), HID(b) and Adaptive headlamp(c)

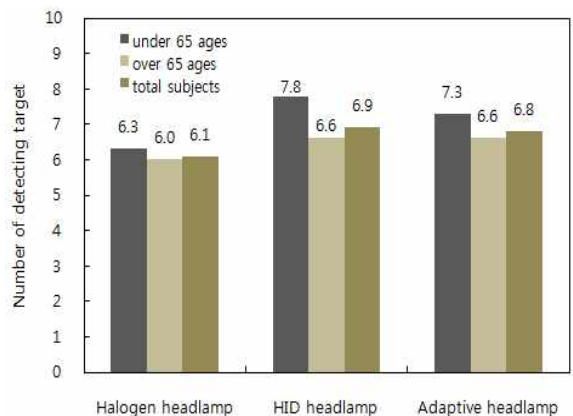


그림 15. 전방 장애물의 시인성 결과
Fig. 15. Results of forward visibility of Perception performance of obstacles

한편 그림 14와 같이 악천후 전조등 시제품은 기존의 할로겐 전조등 및 HID 전조등에 비해 노면에서 반사되는 빛의 양이 적음을 알 수 있다. 그러나 눈부심

설계목표인 눈부심 한계 지수 5이상 수준으로 개선이 필요하다.

3.4 악천후 전조등 시제품의 시인성 평가

그림 15는 전방 25[m]에 있는 10개의 장애물 인지 개수를 평가한 시인성 시험결과로, 65세 이상 고령자는 할로겐 전조등 평균 6.0개, HID 전조등 및 악천후 전조등 시제품은 평균 6.6개를 인지하는 것으로 평가되었다.

한편 비고령자는 할로겐 전조등 평균 6.3개, 악천후 전조등 시제품은 평균 7.3개, HID 전조등은 7.8개 순으로 전방장애물을 인지한 것으로 나타났다.

특히 악천후 전조등 시제품에 대해서는 고령자의 경우 장애물 인지 폭이 최대 13.2[m], 비고령자는 14.6[m]로 평가되었다. HID 전조등에 대해서는 고령자의 경우 장애물 인지 폭이 최대 13.2[m], 비고령자는 15.6[m]로 평가되었다.

따라서 고령자를 위한 악천후 전조등의 시인성능은 HID 전조등의 최대 인지개수인 8개 이상(16[m] 이상)의 성능을 확보할 수 있도록 개선이 필요한 것으로 평가되었다.

4. 결 론

고령자용 자동차 전조등의 개발을 위해 노면조건 별 눈부심 및 시인성을 평가한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 65세 이상 고령운전자의 눈부심 평가 결과, 마른 노면에서는 할로겐 전구<부분황색코팅 전구<황색코팅 전구<HID 전구 순으로 HID 전구가 가장 눈부심이 큰 것으로 평가되었고, 젖은 노면에서는 할로겐 전조등<악천후 전조등 시제품<HID 전조등 순으로 눈부심이 큰 것으로 평가 하였다.
- 2) 마른 노면에서 고령자가 선호하는 광색은 따뜻한 느낌을 주는 황색계열의 할로겐 전구로 이를 기반으로 하는 자동차 전조등의 개발이 필요한 것으로 평가되었다.
- 3) 65세 이상 고령운전자의 시인성 평가 결과, 마른

노면에서는 HID 전조등이 가장 우수하게 나타났으며, 젖은 노면에서는 악천후 전조등 시제품과 HID 전조등이 우수하게 평가되었다.

- 4) 젖은 노면에서의 악천후 전조등 시제품 성능평가 결과, 눈부심 및 전방시인성 개선이 필요한 것으로 평가되었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(06교통핵심 C01)에 의해 수행되었습니다.

References

- [1] 통계청, “장래인구추계”, 2006.
- [2] 경찰청, “2008 교통사고 통계”, 2009.
- [3] G. McGwin, “Visual risk factors for driving difficulty among older drivers”, Accident Analysis and Prevention, 32, 735-744, 2000.
- [4] Kare Rumar, “Vehicle Lighting and Aging Population”, UMTRI-98-9.
- [5] Jone Van Derlofske, “Discomfort and Disability Glare from Halogen and HID Headlamp Systems”, SAE international, 2002-01-0010, 2002.
- [6] Michel J. Flannagan and John M. Sullivan, “Evaluation of Recent U.S. Tungsten-Halogen and HID headlamp Using CHES”, UMTRI-2008-55.
- [7] E.O. Rosenhahn, “Glare at Wet Road Conditions”, Progress in Automotive Lighting Vol. 3, pp.425-430, 1997.

◇ 저자소개 ◇



강병도(姜秉道)

1959년 10월 15일생. 경희대 기계공학과 졸업(박사). 현재 교통안전공단 자동차 성능연구소 인증지원실장.



김형구(金亨九)

1972년 10월 12일생. 한양대 기계설계학과 졸업(박사). 현재 교통안전공단 자동차 성능연구소 선임연구원.