

자전거 주행 중 위험성 실증실험

Risk of Empirical Experiments Riding a Bicycle

나건하* · 주재승** · 정도준***

Na, Geonha* , Joo, Jaeseung** , and Jung, Dojoon***

Abstract

As bicycle users have been increased dramatically by expansion of bicycle road network, riding club and communities, traffic accidents involving bikes are increasing trends in now. However, national consensus for risk of bike relating accidents are not fully developed because of insignificant efforts to enhance bike rider's safety, devise countermeasures for reducing traffic accidents involving bikes and establish policies and systems. This study is for increasing awareness for risk of bicycle riding and suggesting safety speed and guideline for safety riding through experimental evaluation for various bicycle accidents cases. The results may use for references to enhance policy and strategies to reduce traffic accident involving bicycles.

Key words : Bicycle, Traffic Accident, Safe Riding, Accident Prevention

요 지

최근 자전거 도로망 정비·확충, 동호회, 자전거 출·퇴근 등 자전거 이용이 크게 증가하고 있으며, 이에 따른 자전거 교통사고도 지속적으로 증가하고 있다. 그러나 자전거 주행 중 사고의 대책마련 및 자전거 이용자의 안전 증진, 사고예방을 위한 제도 개선과 정책은 미미하며, 이에 따라 자전거 사고 위험성에 대한 실제 국민들의 공감대 형성이 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 자전거 사고 위험성 재현을 통하여 안전한 자전거 이용을 위한 적정 속도 및 이용방법 등을 제시하고, 이를 바탕으로 제도적 기준 개선안을 마련하였다. 본 연구결과는 향후 자전거 사고예방을 위한 제도 및 정책개선에 기본 자료로 활용될 것으로 판단된다.

핵심용어 : 자전거, 교통사고, 안전운전, 사고예방

1. 서 론

최근 자전거 도로망 정비·확충, 동호회, 자전거 출·퇴근 등 자전거 이용이 크게 증가하였으며, 이에 따른 자전거 수단 분담률이 2005년 이후 꾸준히 증가 추세이다(The Korea Transport Institute, 2012). 또한 2010년 통근·통학 기준 자전거 수단 분담률은 약 2%에 해당하며, 전국 자전거 보유대수는 약 620만대이다(Statistics Korea, 2010). 자전거 이용 목적은 여가시간을 활용하여 자전거 타기를 즐기며 건강한 삶을 영위하고자 하는 것이 목적이지만 자전거 타기 문화가 정착

되면서 자연스럽게 자전거 교통사고도 증가하고 있다. 전체 교통사고에서 자전거 교통사고가 차지하는 점유율은 2001년 2.4%에서 2010년 5.0%로 가파르게 상승하는 것으로 나타났다. 특히, 산업구조의 변화와 여가생활 추구로 인하여 스피드를 즐기는 청소년과 대학생들 사이에서도 큰 사고가 많이 발생하고 있는 실정이다. 자전거 선진국의 자전거 교통사고 통계를 보면 일반적으로 자전거 수단 분담률이 높은 국가일수록 자전거 사고율이 낮게 나타나고 있다. 네덜란드의 경우 수단 분담률은 27%인데 반해 사망자수는 15.1명이다. 하지만, 우리나라의 경우 0.2%의 수단 분담률에 비해 사망자

*정회원, 국립재난안전연구원 연구원(E-mail: ngh3714@korea.kr)

Member, Researcher, National Disaster Management Institute

**정회원, 국립재난안전연구원 연구원(E-mail: jjs0824@korea.kr)

Member, Researcher, National Disaster Management Institute

***교신저자, 정회원, 국립재난안전연구원 시설연구사(Tel: +82-52-928-8182, Fax: +82-52-928-8199, E-mail: fasv96@korea.kr)

Corresponding Author, Member, Analyst, National Disaster Management Institute

수는 251.7명으로 매우 심각한 수준이다(Ministry of the Interior, 2015).

자전거 사고유발요인으로는 전방주시태만으로 인한 자전거 사고 발생건수와 사망자수가 차지하는 비중이 전체사고의 50% 이상을 차지하고 있다(The Korea Transport Institute, 2012). 이러한 전방주시 태만은 최근 이면도로와 아파트, 골목길 등에서 자전거 사고로 직결되며 이에 따라, 자전거 주행 중 사고의 대책마련 및 자전거 이용자의 안전증진, 사고예방을 위한 제도 개선과 정책 시행에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

Kim and Park (2013)은 국내 자전거 교통 인프라 및 시설 확충되고, 이용시설이 증대된 만큼 자전거 사고 및 위험성도 증대되고 있는 실정이므로 자전거 이용자의 안전 증진 및 사고 예방을 위한 제도 개선과 정책 시행이 필요하므로 그에 따른 방향을 나타내었다.

Shin(2012)은 자전거 교통사고 특성별 분석을 통하여 자전거 사고 예방에 대한 안전성 확보를 위한 제도 마련 및 교육실시 및 지방지역 안전시설 확충, 제도개선이 필요한 것으로 판단됨을 제시하였다. 또한, Jung(2012)은 자전거 교통사고 영상분석을 통하여 사고가 나는 요인에 따라 그에 따른 개선 방안으로 제도, 교육, 장려 등을 제시하였다.

이와 같이 기존 연구들은 관련 전문가 또는 정책시행을 위한 해당공무원을 위한 연구로 실제 국민들이 자전거 운행 및 사고에 대한 체감 및 위험성 공감에 대한 제고에는 다소 부족하며, 이에 따른 다양한 제도의 실행이나 정책에 대한 필요성 인식이 부족할 실정이다. 따라서 본 연구는 자전거 운행 중 발생할 수 있는 사고 및 안전 운전방안에 대한 직접적인 실험과 홍보를 통하여 자전거 안전 운전에 대한 안전의식을 강화하여, 기존 연구들에서 제시하는 제도 및 정책들이 활성화 되고, 실생활에 정착할 수 있도록 하기 위함이다.

이에 본 연구는 자전거 주행 중 이면도로에서의 사고 사례를 실제 상황에 따른 시나리오를 작성하여 실증 실험을 통해 검토하였으며, 이를 바탕으로 자전거 주행 시 인지능력 및 제도적 기준 마련에 반영될 개선점을 제시하고자 한다.

2. 자전거 사고 유형 및 요인

2.1 자전거 사고 유형

2.1.1 자전거 사고 유발요인

자전거 교통사고 주요 유발요인은 인간의 부주의나 조작 등으로 인한 인적요인과 도로환경 요인으로 구별할 수 있다. 이 중에서 인적요인의 경우 ‘전방주시태만’으로 인하여 발생한 사고 건수와 사망자 수가 전체 사고 비중의 50% 이상으로 나타나 다른 요인에 비하여 매우 높게 나타났다(Table 1).

2.1.2 자전거 사고 부위별 구성비

자전거 교통사고로 인하여 큰 사고가 많이 발생하며, 특히

안전모(보호 장구) 미착용으로 인하여, 머리를 다친 경우가 74.4%로 크게 나타나며, 사고율은 안전모 미착용 시 사망한 경우 89%, 부상자 85.7%로 나타났다. 그러므로 안전모 착용이 제일 중요하다. 또한, 사고 부위별로는 머리, 가슴, 얼굴 순으로 나타났다(Table 2).

3. 실험계획

본 장에서는 최근 젊은 층 사이에서 브레이크를 떼고 타는 고정기어자전거(픽시자전거)를 이용한 사고가 많이 발생하고 있다. 또한 이면도로에서 많이 발생하는 자전거 주행 중 전방주시 태만으로 인한 사고가 많이 발생하고 있는 실정이다. 이러한 자전거 교통사고를 미연에 방지하기 위하여 본 연구에서는 사고 위험성 재현 및 대국민 재난안전 홍보를 실시하고자 두 가지 실험을 실시하였다.

3.1 자전거 형식에 따른 제동거리 차이 비교

최근 미디어 매체를 통해 고정기어자전거의 노출빈도 증가에 따라 청소년 및 대학생 사이에서 수요가 급증하고 있다. 특히, 젊은 층에서 고정기어자전거의 브레이크를 제거하여

Table 1. Factor of Bicycle Accident. (The Korea Transport Institute, 2012)

Component	The Number of Occurrence	The Number of Deaths
Negligence to Keep Forward	7,455(63.8%)	203(52.1%)
Judgment Error	825(7.1%)	31(7.9%)
Bad Health in Mind and Body	281(2.4%)	6(1.5%)
Behavior of Driving Negligence	185(1.6%)	5(1.3%)
Operation Mistake	173(1.5%)	7(1.8%)
Delayed Environmental Factors	55(0.5%)	2(0.5%)
Etc.	2,715(23.2%)	136(34.9%)
Total	11,689(100%)	390(100%)

Table 2. Component Ratio of Bicycle Accident. (The Korea Transport Institute, 2012)

Part	Component ratio
Head	74.4%
Chest	7.0%
Face	4.9%
Leg	1.8%
Waist	1.4%
Stomach	1.3%
Total	9.2%



(A) With Brake



(B) Without Brake

Fig. 1. A Comparison both with and without Brake.

스키딩방식의 제동방법을 많이 사용함으로 사고 발생률이 증가하고 있다. 이로 인해 고정기어자전거 주행 속도 및 브레이크 유·무에 따라 사고발생률이 높아질 우려가 있어 브레이크 탈부착에 따른 제동거리 차이를 비교하는 실험을 실시하였다. Fig 1.에서는 브레이크 유·무 비교를 보여준다.

특히 자전거 이용활성화에 관한 법률(Ministry of the Interior, 2015) 제2조에서는 ‘자전거란 사람의 힘으로 페달이나 손 페달을 사용하여 움직이는 구동장치와 조향장치 및 제동장치가 있는 바퀴가 둘 이상인 차로써 행정자치부령으로 정하는 크기와 구조를 갖춘 것을 말한다.’로 되어 있다. 그러므로 제동장치가 없는 고정기어자전거는 이용활성화법 및 도로 교통법상 자전거에 속하지 않고 자전거도로를 주행할 수 없다. 이에 따라, 브레이크 유·무에 따른 제동거리 차이 비교실험을 실시하였다. 본 실험은 충분한 주행속도 재현을 위한 출발지점과 제동지점을 100m 거리를 유지하며, 제동지점에서 2m 거리에 다수의 Box를 이용하여, 자전거는 Fig 1.와 같이 브레이크 유·무에 따른 제동 거리의 차이를 비교할 수 있도록 구성하였으며, 브레이크 유·무에 따른 제동거리 차이 실험시나리오를 Fig 2.와 같이 구성하였다.

3.2 자전거 주행 중 전방주시 태만으로 인한 사고

최근 아파트 주차장이나 이면도로에서 사람이 갑자기 나타나 자전거와 충돌하는 사고가 많이 발생하며, 특히 미취학 어린이에 대한 사고가 많은 것으로 나타났다. 따라서 본 실험에서는 이면도로를 산정하고 마네킹을 사람으로 가정하여 실험을 수행하였다.

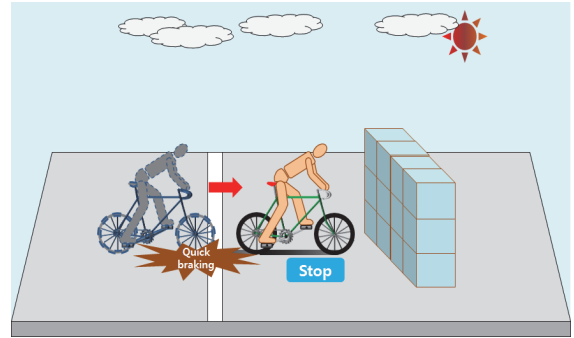


Fig. 2. The Stopping Distance of Test Scenarios.



Fig. 3. Mobile Eye Tracker.

3.2.1 아이트래커 활용한 주행 인지능력 비교

본 논문에서는 자전거 운전자의 전방주시 및 전방주시 태만의 시선위치 매핑 및 영향분석을 위하여 모바일 아이트래커를 사용하였다. 아이트래커는 눈의 움직임을 추적하여 영상 및 데이터를 저장하는 장치로서 실험 시 자전거 운전자의 시선을 추적하기 위해 아이트래커를 쓴 상태에서 실험을 수행하였다. Fig 3.는 본 실험에 사용한 모바일 아이트래커이다.

3.2.2 전방주시 태만으로 인한 사고 실험

본 실험에서는 좁은 골목길 및 지상주차 등의 상황을 가정하고, 자전거 주행 중 주변경치, 핸드폰 사용 등 전방주시 및 전방주시태만 중 사각지대에서 물체(어린이 마네킹)를 나타나게 하여 실험을 수행하였다. 전방주시 및 전방주시 실험시나리오를 Fig 4.와 같이 구성하였다.

4. 실험결과

4.1 자전거 형식에 따른 제동거리 차이 비교

자전거 속도가 10km/hr일 때 브레이크가 있는 경우의 제동거리는 1.0m이었으며, 브레이크가 없는 경우 5.5m로 나타났다. 25km/hr 브레이크가 있는 경우의 제동거리는 5.1m로 나타났으며, 브레이크가 없는 경우 21.1m로 나타났다. 브레이크가 있는 경우와 비교해 없을 경우의 제동거리는 최소 4.1배에서 최대 5.5배 증가하는 것으로 나타났다. 그러므로 브레이크가 없을 경우 다리와 몸으로 역기어를 만들어 야합으로 제동거리가 많이 길어져 매우 위험한 것으로 나타났다. 브레이크 유·무에 따른 제동거리에 따른 비교 차이는 Fig 5.와 같다.

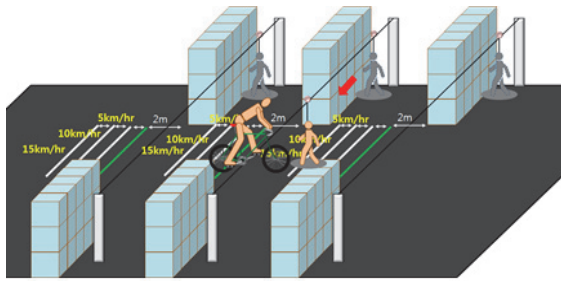


Fig. 4. Keep an Eye on This Front and Neglect of Test Scenarios.

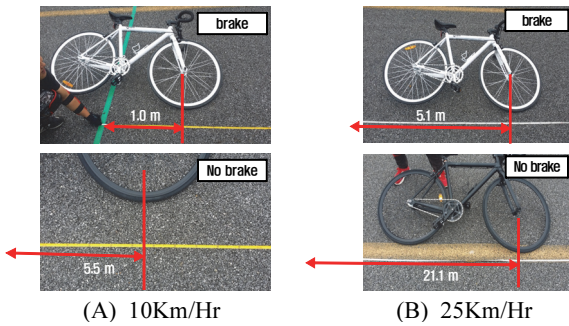


Fig. 5. A Comparison of the Stopping Distance Difference to the Brake Wire and Radish.

브레이크가 있을 경우 제동거리를 1.0m를 기준으로 잡았으며, Table 3. 및 Table 4.에는 이에 따른 속도에 비례하여 브레이크 유무에 따른 제동거리 차이 비교를 결과를 나타내었다.

4.2 자전거 주행 중 전방주시 태만으로 인한 사고

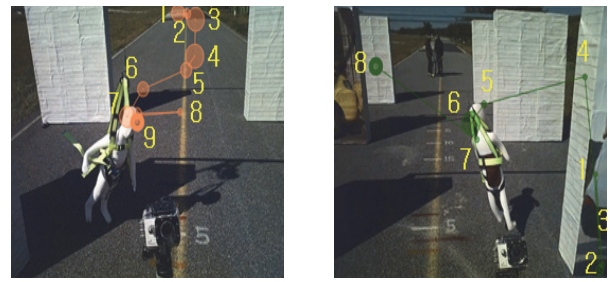
Fig 6.은 아이트래킹 기법 분석결과 시속 5km 전방주시 및 태만 시 피험자의 시선추적이다. 전방주시를 하고 있는 경우에는 계속 앞을 보고 있기 때문에 시선방향이 매우 비슷하게 나타나며, 태만 시에는 처음부터 휴대폰이나 다른 곳을 보고 주행을 함으로 시선이 매우 분산되는 것으로 나타났다.

Fig 7.은 시속 5km 일 때, KPI(Key performance Indicators) 분석결과이며, 피험자는 전방주시의 경우 마네킹을 0.73초 주시하며, 전방주시 태만의 경우 0.74초 주시를 하였다. 시속 5km 시나리오의 경우 피험자가 마네킹을 2m전에 발견을 하고 안전하게 제동을 하는 것으로 나타났다.

Fig 8.은 시속 10km 일 때, 전방주시 시 시선추적이다. 전방주시의 경우 피험자는 시속 5km와 같이 2m전에 마네킹

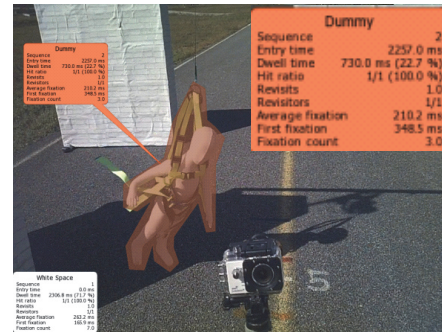
Table 3. The Brake When The Stopping Distance.

Speed(km/hr)	1st(m)	2nd(m)	3rd(m)	avg.(m)
10	1.0	1.1	0.9	1.0
15	1.3	1.7	1.4	1.5
20	3.7	3.3	4.3	2.1
25	5.0	4.8	5.4	5.1

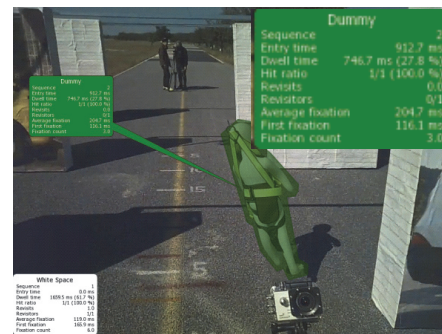


(A) Keep an Eye on This Front (B) Negligence to Keep Forward

Fig. 6. Experimenter's Eye Tracking (5km/hr).



(A) Keep an Eye on This Front



(B) Negligence to Keep Forward

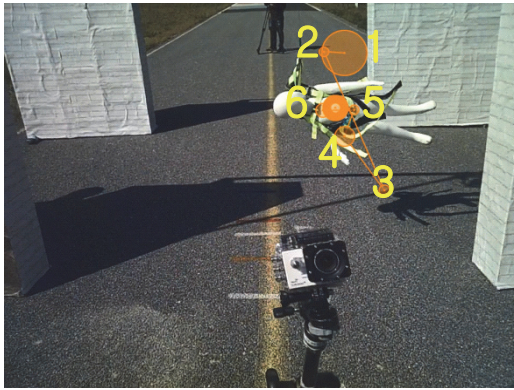
Fig. 7. Kpi Analysis (5km/hr).

을 발견하며, KPI 분석결과 마네킹을 1.02초 주시하고 안전하게 정지하는 것으로 나타났다.

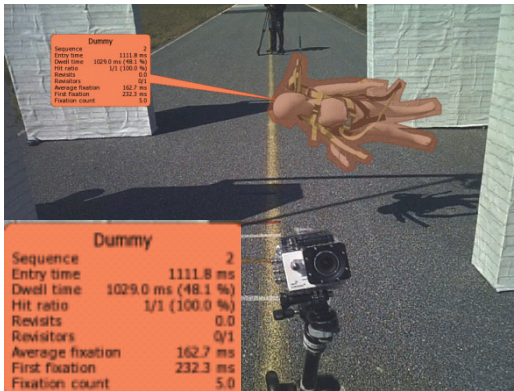
Fig 9.은 전방주시 태만 시 시선추적이다. 시속 10km 전방주시 태만 시나리오에서는 피험자의 시선방향에서 마네킹이 출현하는 경우 2m 전에 사물을 인지하여 정지하는 것으로 나타났으며, 그러나 피험자의 시선반대방향에서 마네킹이 출현하는 경우 발견이 늦어져 마네킹과 충돌을 피할

Table 4. The Brake When Do Not Have The Stopping Distance.

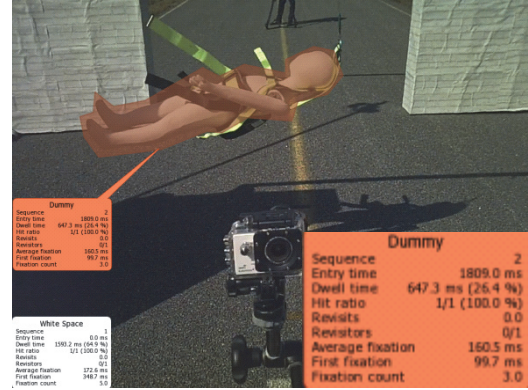
Speed(km/hr)	1st(m)	2nd(m)	3rd(m)	avg.(m)
10	5.3	5.8	5.5	5.5
15	8.7	9.6	9.4	9.2
20	13.8	12.5	14.3	13.5
25	21.6	20.5	21.3	21.1



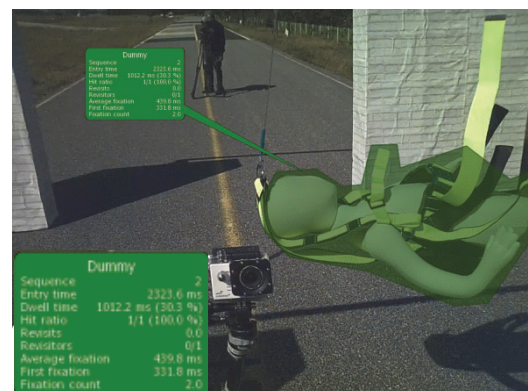
(A) Eye Tracking



(B) Kpi Analysis



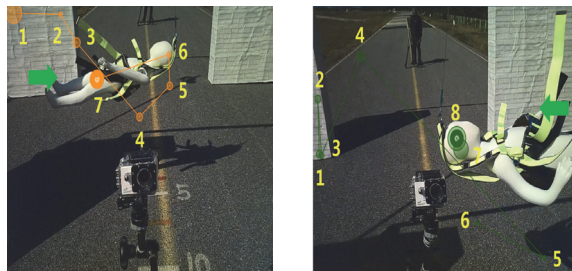
(A) Experimenter Gaze Direction



(B) Experimenter Gaze in The Opposite Direction

Fig. 8. Keep An Eye on This Front (10km/hr).

Fig. 10. Kpi Analysis (10km/hr - Negligence to Keep Forward).



(A) Experimenter Gaze Direction

(B) Experimenter Gaze in the Opposite Direction

Fig. 9. Neglect of Poetry These Eye Tracking to Keep Forward (10km/hr).

충돌을 피할 수 없는 것으로 나타났다.

수 없는 것으로 나타났다.

Fig 10.은 시속 10km 전방주시 태만일 때 KPI 분석결과를 나타내며, 실험자 시선방향에서는 마네킹을 0.64초를 주시 하였지만 안전하게 정지하는 것으로 나타났고, 실험자의 시선반대 방향을 경우 마네킹을 1.01초 주시하여, 주시시간은 시선방향보다 길지만 충돌하고 난 후에 발견을 하여 피할 수 없는 것으로 나타났다.

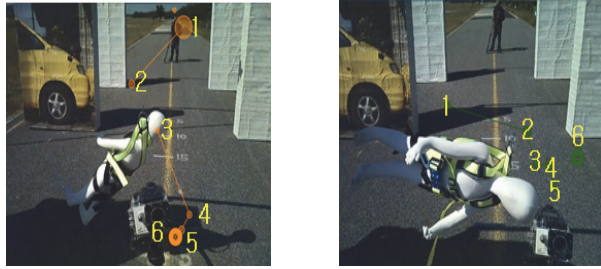
자전거 형식에 따른 제동거리 차이 비교 실험에서 브레이크가 있을 경우 15km/hr일 때 제동거리는 평균 2.5m로 나타났다. 즉, 위의 브레이크 유·무에 따른 실험에서 2m 위치에 Box를 설치하여 확인하였으므로, 마네킹과는 시선에 상관 없이 충돌하는 것으로 나타났다.

Fig 11.은 시속 15km일 때 피험자의 시선추적을 보여주며, Fig 12.는 시속 15km KPI 분석이다. 이번 시나리오에서는 피험자가 2m전에 마네킹을 인지하더라도 전방주시(0.08초 주시) 및 태만 시(발견하지 못함) 시나리오 모두 마네킹과

5. 결론

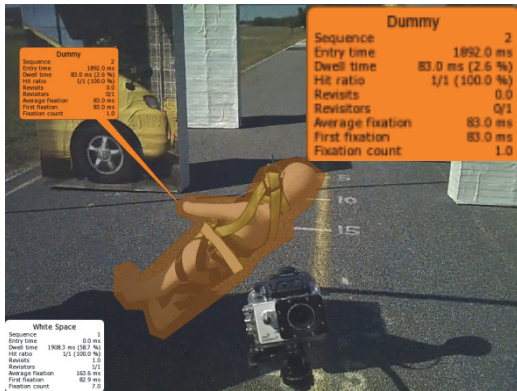
본 연구는 자전거 사고 위험성 재현을 통하여 위험성을 제거하고 안전한 자전거 이용을 위한 적정 속도 및 이용방법 등을 제시하고자 하였다. 이를 통해 자전거 교통사고를 줄이는데 도움이 되는 것이 최종 목표이며 실험 결과 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 1) 자전거 형식에 따른 제동거리 차이 비교 시나리오에서 브레이크가 없는 고정기어(픽시)자전거 제동거리가 브레이크가 있는 자전거에 비해 최소 4.1에서 최대 5.5배 증가하는 것으로 나타났으며, 브레이크가 없는 고정기어 자전거는 도로교통법 제2조 상 도로주행이 불법이므로 반드시 브레이크를 장착하고 주행하여야 하며 브레이크가 없는 고정기어(픽시)자전거의 경우 범칙금과

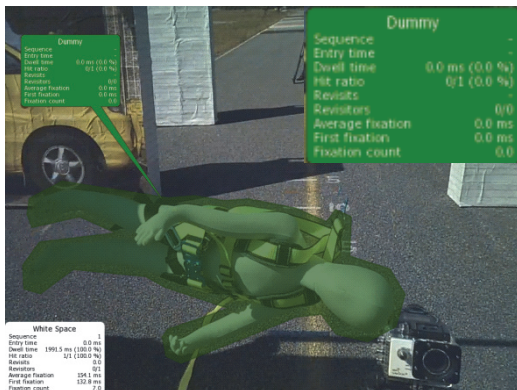


(A) Keep an Eye on This Front (B) Negligence to Keep Forward

Fig. 11. Experimenters' Eye Tracking. (15km/hr)



(A) Keep an Eye on This Front



(B) Negligence to Keep Forward

Fig. 12. Kpi Analysis. (15km/hr)

등의 제도적 마련이 시급한 것으로 판단된다.

- 2) 자전거 주행 중 전방주시 태만으로 인한 사고 대책으로는 사각지대가 많은 이면도로에서 시속 10km로 주행하는 것이 안전한 것으로 나타났으며, 이때의 시속 10km는 평균보행속도(4km)의 2.5배, 마라톤 선수가 뛰는 속도의 절반정도로 생각하면 된다. 본 결과를 토대로 어린이 보호구역에서의 자전거 주행 안전 속도 규정이 현재 없으므로(도로교통법상에는 엔진이 있는 자동차 또는 원동기에만 규정 속도가 제한) 시속 10km로 제시

Table 5. The Accident according to the Speed of the Bicycle.

Sortation	Speed (km/hr)	Whether the Accident	
		Keep an Eye on This Front	Negligence to Keep Forward
Case 1	5	don't conflict	don't conflict
Case 2	10	don't conflict	conflict
Case 3	15	conflict	conflict

하는 것이 바람직하다고 판단된다.

- 3) 자전거 주행 중 한눈을 팔거나 스마트폰은 사용하지 말아야 할 것이며, 꼭 전방을 주시하고 타는 것이 바람직하다. 또한 개성보다는 안전이 중요하므로 자전거 이용자 스스로 안전의식을 가질 수 있도록 가정이나 학교에서의 교육과 홍보가 선행되어야 할 것이다.

References

- Jung, K. O. (2012) Video analysis of bicycle traffic accident and bicycle traffic safety improvements
- Kim, D. J. and Park, J. Y. (2013) Current status and characteristics of the domestic bicycle traffic accident, Vol. 190, pp. 6~12
- Ministry of the Interior, 2013 , Infrastructure improvement plan through the morphological analysis of bicycle traffic accident (in Korean)
- Ministry of the Interior, 2015 , Promotion of the use of bicycles act (in Korean)
- Ministry of the Interior, 2015 , Ride in a safe bike for adults (in Korean)
- Ministry of the Interior, 2015 , Road traffic act (in Korean)
- Shin, H. C. (2012) It suggested that through the analysis of bicycle traffic accident (in Korean)
- Statistics Korea, 2010 , Population and Housing Census (in Korean)
- The Korea Transport Institute, 2012, Bicycle Traffic Safety Seminar (in Korean)
- Yoo, M. J. (2012) A Study on the Design of Smart Bicycle Glasses, Hongik Univ. (in Korean)

Received	July 4, 2016
Revised	July 8, 2016
Accepted	July 20, 2016