JDCS
디지털콘텐츠학회논문지
Journal of Digital Contents Society
Vol. 20, No. 10, pp. 2063-2069, Oct. 2019

자동차 주행궤적 데이터를 이용한 도로 길어깨 적정폭 분석

전 우 훈* · 양 인 철
한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 도로관리통합센터

Analysis of minimum shoulder-lane width using vehicle driving trajectory data

Woo Hoon Jeon* · Inchul Yang
Integrated Road Management Research Center, Dept. of Infrastructure Safety Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

[요 약]

자전거도로가 없는 도로상에서 자전거이용자는 차도를 이용하도록 법에 의해 규정되고 있으나, 자동차의 높은 통행속도 등으로 인해 자전거는 길어깨(갓길)을 이용하여 주행하고 있다. 길어깨 폭은 예외적인 경우를 제외하고는 1.5m 이상을 유지하도록 규정하고 있으나, 포장체의 노후화 등으로 인해 실제로는 1.5m를 유지하지 못하고 있다. 길어깨폭이 좁을 경우 자동차는 자전거와의 이격거리를 유지하기 위해 차로를 변경하거나 중앙선을 침범하게 된다. 본 연구에서는 왕복2차로 도로에서 자동차와 자전거의 이격거리 분석을 통해 자전거이용자가 안전하게 주행할 수 있는 길어깨폭을 제시하였다. 길어깨 적정폭 및 일반주행, 추월주행을 정의하고 실제 150m의 공용도로에서 자전거와 자동차의 이격거리 및 주행궤적을 조사 및 분석하였다. 분석결과 최소 길어깨폭은 2.08m이며, 이 값이 의미하는 것은 2.08m의 길어깨가 확보된다면 자동차가 자전거를 추월할 때의 회피행태를 최소화하면서 주행할 수 있다는 것이다. 본 연구에서 제시한 안전을 고려한 최소 길어깨폭은 향후 자전거의 교통량이 많은 왕복2차로 구간에서 적용이 가능하다.

[Abstract]

Bicycle users are running in the shoulder lane when vehicle runs with a high speed in the road. The width of shoulder lane must be wider than 1.5 meter with some exceptions, but the width in the real-world road is less than 1.5 meter due to the deterioration of pavement, which causes the bicycle users to be in a very dangerous situation. This study proposed a minimum shoulder-lane width for bicycle users' safe driving using the analysis of separation distance between a vehicle and a bike in a two lane two way road segment of 150 meter long. It is found that 2.08 meter is the minimum shoulder-lane width, which means that vehicles can minimize their trajectory change when passing a bicycle user running in the shoulder-lane. The minimum shoulder-lane width proposed in this study can be applied to the two lane two way road with high traffic volume of bicycles.

색인어 : 자동차 주행궤적, 길어깨, 자전거도로, 이격거리
Key word : Vehicle trajectory, Shoulder lane, Bikeway, Separation distance

http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.10.2063

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 20 September 2019; **Revised** 10 October 2019
Accepted 20 October 2019

***Corresponding Author; Woo Hoon Jeon**
Tel: ※ 개인정보 표시제한
E-mail: cwhoon@kict.re.kr

Ⅰ. 서 론

1980년대 이전만 하더라도 자전거는 자동차와 함께 도로공간을 공유하며 통행하는 중요한 교통수단이었다. 이후 자동차의 이용이 급격히 증가하면서 도로에서의 자전거 주행을 위한 안전성이 확보되지 못함에 따라 자전거수단분담율은 급격히 감소하였다. 2000년대 이후 자전거의 안전에 대한 관심이 증가하면서 지자체를 중심으로 자전거도로가 설치되었으나, 여전히 많은 도로에서 자전거는 별도의 자전거도로 없이 이용되고 있다. 특히 국도와 같이 자동차의 속도가 높은 곳에서는 자전거와 보행자의 안전한 통행에 대한 대책이 필수적이다. 국토교통부는 2000년대 중반부터 국도에 보행자도로를 설치하는 사업을 시행하고 있으나 자전거도로의 설치는 거의 이루어지지 못하고 있다. 현행 도로교통법에서는 자전거이용자가 도로 우측 가장자리를 이용할 수 있도록 규정하고 있으나, 실제 자동차의 주행속도를 감안하면 안전한 주행이 어려운 것이 사실이다. 자전거이용자가 차도를 이용하지 않고 주행할 수 있는 방법은 길어깨(갓길)부분을 이용하는 것이 가능하다. 실제로 자전거동호회와 같이 장거리 주행을 하는 자전거이용자들은 국도를 이용할 때 대부분 길어깨를 이용하면서 주행하고 있다.

그러나 국내의 길어깨 폭은 일반국도와 지방도 등 도로의 구분에 따라 천차만별이며, 도로관리청의 도로관리 수준에 의한 실제 길어깨 폭 역시 다양하다. 일반적으로 도로관리청에서는 정기적인 도로정비, 행락철 사고예방을 위한 정비, 이용자의 민원에 의한 정비, 수풀 제거 등을 수행하고 있으나, 도로 관리연장의 지속적인 확대로 인해 적정 길어깨폭을 유지하지 못하고 있다. 자전거이용자의 안전한 통행을 위해서는 최소한의 길어깨폭을 유지해야 하나 이에 대한 연구는 현재까지 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 자전거도로가 없는 도로상에서 자전거이용자가 안전하게 주행할 수 있는 최소 길어깨폭을 제시하고자 한다. 이를 위해 일반 도로에서 자동차와 자전거의 이격거리를 분석하고, 이를 통해 최종적으로 적정 길어깨폭을 도출하였다.

Ⅱ. 기존 문헌 고찰

자전거의 안전주행을 위한 자동차의 주행궤적 분석 및 적정 길어깨폭에 대한 연구는 국내뿐만 아니라 국외에서도 제한적이다. Garcia et al(2015)는 자동차와 자전거의 측방 이격거리를 측정하기 위해 레이저센서 등이 장착된 실험용 자전거를 개발하여 실제 스페인 지방부 도로에서 이를 측정하였다. 도로 기하구조를 직선과 좌방향, 우방향으로 굽어진 도로로 구분하여 실험을 진행하였으며, 실험결과 1.5m 내외의 이격거리를 유지하는 것으로 분석되었다. Harkey and Stewart(1997)는 자전거도로의 형태(연석, 길어깨, 전용차로)에 따라 자동차가 자전거를 추월할 때 유지하는 이격거리를 분석하였으며, 각 형태에 따라 1.81m~1.95m를 유지하는 것으로 제시하였다.

스페인의 연구는 주행하는 자전거에 센서를 장착하여 추월하는 자동차와의 이격거리를 산출하여 기하구조와의 연관성을 파악하는 내용으로, 본 연구에서 제시하고자 하는 회피행태의 최소화에 따른 길어깨폭 산출과는 상이하다. 미국의 연구에서는 길어깨가 존재하는 도로구간에서 자전거를 추월하는 자동차의 이격거리를 산출하고자 하였으며, 역시 자동차의 회피행태 최소화를 통한 길어깨폭 산출에 대한 개념은 없고, 단지 추월거리가 어느 정도인지에 대해서만 실험결과를 분석하였다. 전우훈 등(2017)은 차도에서 자전거와 자동차의 이격거리를 현장실험을 통해 분석하였으며, 평균 이격거리는 1.58m를 제시하였다. 이는 자동차운전자들이 차도에서 자전거를 만나면 평균적으로 1.58m를 이격하면서 주행함을 결과로 제시하였으며, 이 결과는 본 연구에서 분석하고자 하는 추월시의 이격거리로서의 인용은 가능하나, 안전주행을 위한 적정 길어깨폭에 대해서는 분석되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 기존의 자동차와 자전거의 이격거리 분석방법 및 이격간격을 참고하여 자전거이용자가 안전한 주행이 가능한 최소 길어깨폭을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 길어깨 적정폭 분석방법 개념 수립

왕복4차로 도로에서 자동차가 자전거를 안전하게 회피하기 위해서는 1차로로 차로변경을 하는 것이 가능하나, 왕복 2차로에서는 대향차로의 자동차가 존재할 경우 차로변경은 불가능하다. 따라서 차로 내에서 자전거를 회피해야 하는데, 승용자동차를 기준으로 분석하면 승용자동차의 폭은 일반적으로 1.7m로서 이격거리를 1.5m로 가정한다고 하더라도 3.2m가 되어 3.5m의 차로폭을 가진 도로에서는 이론적으로는 중앙선을 침범하지 않는다. 하지만 도로설계에서 기준이 되는 설계기준자동차(세미트레일러)는 차폭이 2.5m로서, 최대 이격거리를 확보하게 되면 4m가 되어 3.5m의 차로폭일지라도 중앙선을 0.5m 침범하게 된다. 이러한 점이 중요한 이유는 세미트레일러 등의 자동차는 주행시에 자전거를 발견할지라도 대향차로에 차량이 있는 경우, 자전거와의 이격거리를 최소화할 가능성이 크다는 것이다. 즉, 대형차량의 운전자는 자동차와 자전거의 안전 이격거리를 법제화하여 적용한다고 하더라도 대향차로의 자동차에 대한 부담으로 인해 자전거와의 이격거리를 줄이는 것을 선택할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 자동차의 회피행태를 최소화할 수 있는 길어깨 적정폭을 제시하고자 한다. 공간적 범위는 왕복 2차로이며, 분석의 최종목적은 자동차의 회피행태가 나타나지 않을 수 있는 적정 길어깨폭을 결정하는 것이다. 본 절의 최종목적을 도식화하면 그림 1과 같다.

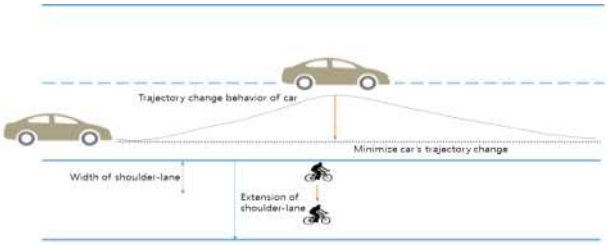


그림 1. 길어깨 적정폭 산정 개념
Fig. 1. Concept of how to calculate the minimum shoulder-lane width

적정 길어깨폭의 산정방법은 자동차가 자전거를 회피할때의 이격거리를 가능한 0으로 만들 수 있는 길어깨폭을 구하는 것이다. 이를 위해 먼저 자동차가 자전거를 동일선상에서 만났을 때의 이격거리와, 자동차가 자전거의 영향을 받지 않는 상태에서의 이격거리를 산출하였다. 이때 자동차가 자전거의 영향을 받지 않는 상태는 현장조사 데이터에서 자전거영향권을 설정하여 영향권에 해당하지 않는 데이터를 수집하여 적용하였다. 또한 자전거운전자는 길어깨폭이 확장되더라도 길어깨폭의 중앙으로 주행하는 것을 고려하여 자동차의 회피행태를 최소화할 수 있는 최종적인 길어깨 적정폭을 산출하였다.

Ⅳ. 자전거 인지 영향권 설정 및 이격거리 추정

차로에서 자전거를 인지한 자동차운전자는 조금씩 중앙선 방향으로 핸들을 조작하여 횡방향 이격거리를 증가시키며, 자전거의 추월이 완료되었다고 판단되면 다시 길어깨 방향으로 핸들을 조작하여 본인이 적정하다고 판단되는 차로 내 주행위치로 복귀하게 된다. 이러한 자동차의 행태에서 자전거의 영향을 받지 않는 상태에서의 이격거리는 자전거에 의한 핸들조작이 없는 상태, 즉 자동차운전자가 핸들을 조작하기 이전의 이격거리와 적정차로 내 주행위치로 복귀한 이후의 이격거리라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 길어깨 적정폭을 산출하기에 앞서 자동차가 자전거에 의해 영향을 받았는지에 대한 유무를 이용하여 영향을 받지 않았을 때의 이격거리와 영향을 받았을 때의 이격거리를 자동차의 회피행태 데이터를 이용하여 구해보고자 한다. 자동차가 자전거를 인지하고 핸들을 조작하면서 횡방향 이격거리가 증가하기 시작하는 지점을 추월시작점이라고 정의한다. 또한 자동차가 자전거를 추월한 이후에 횡방향 이격거리의 감소추세가 멈추는 지점을 추월종료점이라고 정의한다. 또한 추월시작점 이전과 추월종료점 이후는 자동차가 자전거에 대한 영향이 없는 주행구간이므로 일반주행으로 정의하고, 추월시작점과 추월종료점 사이를 자동차가 자전거에 의해 영향을 받은 주행구간이므로 추월주행이라고 정의한다. 이를 그림으로 도식화하면 그림 2와 같다.

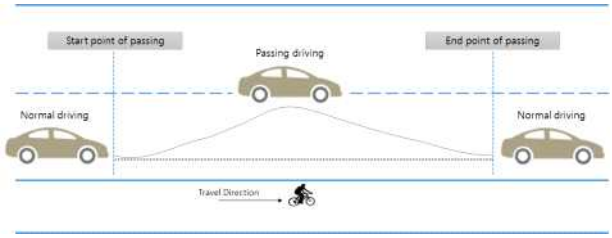


그림 2. 추월시작점과 추월종료점의 개념
Fig. 2. Concept of start and end point of passing

추월시작점과 추월종료점을 구하기 위해 200m의 구간에서 조사지점별 횡방향 이격거리의 변화량(기울기)을 표 1과 같이 산출하였다.

표 1. 지점별 횡방향 이격거리 변화량
Table 1. Lateral separation distance with passing

Type	Segment	Variation	Difference
Before Passing	−100 ~ −90	0.001	−
	−90 ~ −80	−0.004	−0.005
	−80 ~ −70	−0.001	0.003
	−70 ~ −60	0.000	0.001
	−60 ~ −50	0.004	0.003
	−50 ~ −40	0.008	0.005
	−40 ~ −30	0.012	0.004
	−30 ~ −20	0.014	0.002
	−20 ~ −10	0.014	0.000
	−10 ~ 0	0.001	−0.013
After Passing	0 ~ 10	−0.001	−0.003
	10 ~ 20	−0.011	−0.009
	20 ~ 30	−0.013	−0.003
	30 ~ 40	−0.014	−0.001
	40 ~ 50	−0.011	0.003
	50 ~ 60	−0.010	0.000
	60 ~ 70	−0.010	0.000
	70 ~ 80	−0.005	0.005
	80 ~ 90	0.001	0.006
	90 ~ 100	0.001	−0.001

표 1에서 추월전은 −70m에서 조금씩 이격거리가 증가하고 있으며, 추월 후 80m에서 이격거리의 감소추세가 멈추고 있다. 따라서 추월시작점을 −70m로 선정하고, 추월종료점을 +80m로 선정하였다. 영향권을 그래프로 표시하면 그림 3과 같다.

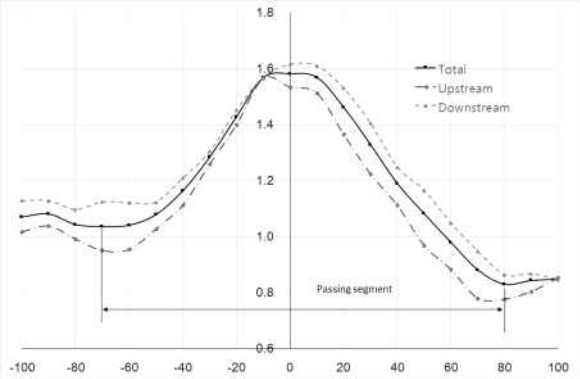


그림 3. 추월 영향권 구간 선정
Fig. 3. Selection of passing segment

자전거 인지에 대한 영향권 설정을 통해 일반주행과 추월주행의 데이터를 구분하였다. 그림 3에서 설명한 바와 같이 회피행태를 최소화하는 적정 길어깨폭을 구하기 위해서는 일반주행과 추월주행에서의 횡방향 평균 이격거리를 산출해야 한다. 추월주행은 기존 문헌 고찰에서 제시한 Jeon et al. (2017)의 연구에서 제시된 평균 이격거리를 적용하면 되나, 일반주행은 앞에서 제시한 영향권 개념을 적용하여 산출이 필요하다.

일반주행에 대한 횡방향 평균 이격거리는 영향권 설정범위에 의해 실험구간의 시작과 끝 부분의 데이터가 많고 가운데 부분은 다소 적다. 자동차의 일반주행에 따른 실험구간 지점별 횡방향 이격거리는 양방향에 대한 데이터를 Up/Down으로 구분하여 표 2와 같이 제시하였다.

본 연구에서는 실험구간 150m를 10m 단위로 조사된 데이터를 이용하여 지점별 이격거리를 산출하고 있다. 실험대상구간은 앞에서도 언급하였듯이 거의 직선으로 이루어진 구간이나, 실험구간의 각 지점별 이격거리는 곡선반지름 등 도로의 기하구조에 영향을 받을 수 있다.

따라서 각 지점별 이격거리를 분석하기 이전에 지점별 기하구조의 특성에 따른 영향여부를 판단하기 위해 각 지점별 이격거리 분포의 등분산성을 검정하였다. 등분산성이란 각 집단의 데이터가 분산의 동질성을 가지는지에 대한 판단을 의미한다. 등분산성을 판단하기 위해 통계적 검정은 Levene Test를 사용하였다.

- H_0 : 모든 집단의 분산이 동일하다($\sigma_1 = \sigma_2 = ... = \sigma_n$)
- H_1 : 적어도 한 집단의 분산이 다르다($\sigma_i \neq \sigma_j$)

$$W = \frac{(N-k)}{(k-1)} \frac{\sum_{i=1}^{k} N_i \ (Z_{i.} - Z_{..})^2}{\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{N_i} (Z_{ij} - Z_{i.})^2} \qquad (1)$$

여기서, W: 통계량
k : 샘플의 그룹 개수
N : 그룹 내 샘플 개수
N_i : i 번째 그룹의 샘플 수
Z_{ij} : i 번째 그룹의 평균 또는 중앙값에 의한 연산값
$Z_{..}$: Z_{ij} 전체의 평균
$Z_{i.}$: i 번째 그룹에 대한 Z_{ij} 의 평균

집단간의 등분산성에 대한 Levene Test 결과는 표 3과 같다.

표 3. Levene 통계검정
Table 3. Result of Levene Test

Driving Type	Levene Statistics	$df1$	$df2$	p-value
No passing	0.753	6	2033	0.607
Passing	1.690	6	134	0.128

* $df1 = k-1, \quad df2 = N-k$

표 2. 일반주행의 지점별 횡방향 이격거리
Table 2. Lateral separation distance without passing by segment

Type		Lateral Distance (meter)															
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Up	Samples	127	117	103	86	68	45	30	15	0	5	22	44	64	78	90	103
	Mean	0.85	0.86	0.92	0.95	0.97	0.98	0.98	1.03	0.00	0.46	0.75	0.75	0.75	0.77	0.77	0.75
	s.d.	0.33	0.34	0.34	0.37	0.38	0.40	0.42	0.30	0.00	0.05	0.40	0.34	0.35	0.37	0.38	0.37
Down	Samples	118	114	93	73	56	45	28	17	3	9	25	49	70	100	115	128
	Mean	1.02	1.02	1.04	1.03	1.06	1.08	1.16	1.13	0.87	0.87	0.71	0.71	0.70	0.77	0.83	0.85
	s.d.	0.38	0.38	0.38	0.40	0.39	0.38	0.35	0.34	0.21	0.31	0.28	0.30	0.30	0.32	0.33	0.34
All	Samples	245	231	196	159	124	90	58	32	3	14	47	93	134	178	205	231
	Mean	0.93	0.94	0.98	0.99	1.01	1.03	1.07	1.08	0.43	0.66	0.73	0.73	0.73	0.77	0.80	0.80
	s.d.	0.36	0.36	0.36	0.39	0.39	0.39	0.39	0.32	0.10	0.18	0.34	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36

등분산성의 검정 결과 일반주행과 추월주행의 유의확률이 유의수준(p-value)수준 0.05보다 크므로 귀무가설을 기각할 수 없음. 따라서 1종 오류의 확률이 적은 것으로 판단하여 모든 집단의 분산정도는 동일한 것으로 가정하였다. 각 지점별로 일반주행에 따른 횡방향 이격거리를 분석하면 그림 4와 같이 제시된다.

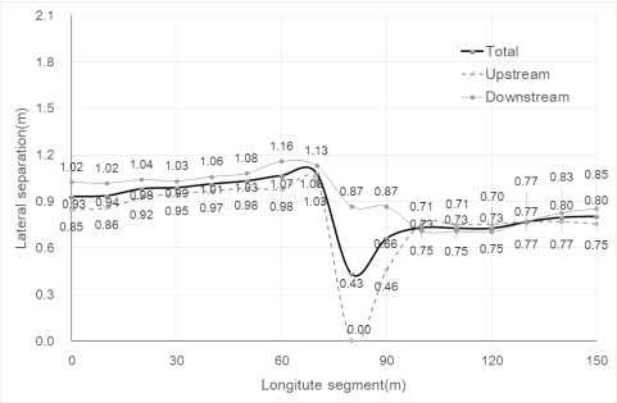


그림 4. 일반주행 지점별 횡방향 이격거리 변화추이
Fig. 4. Lateral separation distance without passing

Ⅴ. 안전 이격거리를 고려한 적정 길어깨폭 추정

자동차운전자가 자전거를 추월할 때 회피행태를 최소화할 수 있는 방법은 이론적으로는 자동차의 회피를 위한 이격거리만큼 길어깨폭이 넓어지면 가능하다. 길가장자리 구역선을 기준으로 자동차의 회피를 위한 최대 이격거리를 d_s(회피행태 이격거리)라고 하고 자동차가 자전거의 영향을 받지 않고 주행하는 이격거리를 d_s^0(일반행태 이격거리)라고 정의한다. 즉, 회피행태 이격거리는 자전거를 추월하는 자동차가 동일선상에서 자전거와의 최대 이격거리이며, 일반행태 이격거리는 자전거가 없을 때 자동차가 길가장자리까지의 이격거리라고 말할 수 있다. 본 연구에서 구하고자 하는 적정 길어깨폭을 W_s^0 라고 할 때, 식(2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_s^0 = d_s - d_s^0 \qquad (2)$$

자전거이용자가 안전한 주행을 하기 위해서는 식(2)에서 산출된 값에 자전거가 주행에 필요한 최소 넓이인 자전거폭과 측면의 여유폭 개념인 측방여유폭이 필요하다. 따라서 자전거의 폭을 W_b 라고 하고, 자전거의 측방여유폭을 W_l 이라고 하면 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_s^0 = (d_s - d_s^0) + W_b + W_l \qquad (3)$$

식(3)은 자전거운전자가 본 연구에서 제시한 확장된 길어깨폭 만큼을 실제로 이격하고 주행한다고 가정된 값이다. 하지만 실제로 대부분의 자전거운전자는 길어깨구간이 확폭되었을지라도, 이격거리를 유지하기보다는 길어깨구간의 중앙을 주행하게 되므로 실제 길어깨 적정폭은 식(3)에서 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{2}W_s^0 - \frac{1}{2}W_b \geq d_s - d_s^0 \qquad (4)$$

전개하면, $\frac{1}{2}W_s^0 \geq \frac{1}{2}W_b + d_s - d_s^0$

따라서, 자동차가 자전거에 의한 회피행태를 보이지 않고 안전하게 주행할 수 있는 최소 길어깨폭은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$W_s \geq W_b + 2d_s - 2d_s^0 \qquad (5)$$

제시된 최소 길어깨폭을 그림으로 도식화하면 그림 5와 같다.

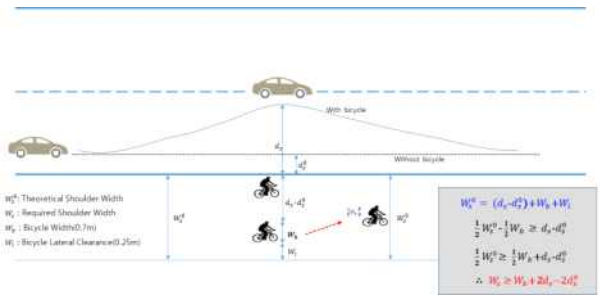


그림 5. 안전을 고려한 최소 길어깨폭 산정식
Fig. 5. Minimum should-lane width for safety

식(5)를 이용하여 최소 길어깨폭을 구하면 식(6)과 같다.

$$W_s \geq 0.7 + 2d_s - 2d_s^0 \qquad (6)$$

표 4. 안전을 고려한 최소 길어깨폭(m)
Table 4. Minimum shoulder-lane width(m)

W_s	W_b	d_s	d_s^0
2.08	0.7	1.58	0.89

표 4에서 제시된 최소 길어깨폭은 2.08m이며, 이 값이 의미하는 것은 2.08m의 길어깨가 확보된다면 자동차가 자전거를 추월할 때의 회피행태를 최소화하면서 주행할 수 있다는 것이다. 길어깨 폭에 따른 자전거의 주행위치의 변화와 자동차의 주행

속도 등 자전거와 자동차운전자의 운전행태에 따라 표 4에서 제시된 값은 바뀔 수 있다. 만약 표 4에서 제시된 최소 길어깨폭을 실제 현장에 적용할 경우에는 길어깨폭을 2m를 적용하는 것이 바람직하다.

본 연구는 도로구간의 형태가 본선구간은 직선으로 이루어져 있고, 시종점구간은 회전반경이 비교적 큰 곡선으로 이루어져 있다. 각 실험구간에 대해 등분산성을 검정한 결과 직선과 곡선에 따른 분산의 정도가 동일한 것으로 나타났으므로 본 연구에서 제시된 안전을 고려한 최소 길어깨폭은 곡선반경이 작은 도로를 제외하고는 적용이 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 제시한 안전을 고려한 최소 길어깨폭은 향후 자전거의 교통량이 많은 왕복2차로 구간에서 적용이 가능하다. 만약 기존의 길어깨폭이 1.0m 또는 1.5m일 때, 별도의 자전거도로를 건설하기 위해서는 자전거도로폭(1.2m~1.5m)과 측구(0.5m)를 확보해야 하고 보행자를 위한 추가적인 시설이 필요하다. 그러나 지방부의 왕복2차로 도로는 자전거의 수요가 독립적인 시설을 필요로 할 만큼 충분하지는 않는 경우가 많다. 그에 반면 계절과 시간에 따라 생활형 자전거와 레저형 자전거의 수요가 지속적으로 발생하므로, 기존의 길어깨를 확폭하여 자전거 및 자동차의 안전성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

Ⅵ. 결 론

본 연구에서는 기존의 자동차와 자전거의 이격거리 분석방법 및 이격간격을 참고하여 자전거이용자가 안전한 주행이 가능한 최소 길어깨폭을 제시하고자 하였다. 이를 위해 현장조사를 통해 자동차와 자전거의 지점별 이격거리를 통해 자동차의 회피행태를 최소화할 수 있는 길어깨폭을 제시하였다. 공간적 범위는 왕복 2차로이며, 분석의 최종목적은 앞에서 제시된 회피행태가 나타나지 않을 수 있는 적정 길어깨폭을 결정하는 것이다. 적정 길어깨폭의 산정방법은 자동차가 자전거를 회피할때의 이격거리를 가능한 0으로 만들 수 있는 길어깨폭을 구하는 것이므로, 이를 위해 먼저 자동차가 자전거를 동일선상에서 만났을 때의 이격거리와, 자동차가 자전거의 영향을 받지 않는 상태에서의 이격거리를 산출하였다. 또한 자전거운전자는 길어깨폭이 확장되더라도 길어깨폭의 중앙으로 주행하는 것을 고려하여 자동차의 회피행태를 최소화할 수 있는 최종적인 길어깨 적정폭을 구하는 식을 제시하였다. 그 결과 제시된 최소 길어깨폭은 2.08m이며, 이 값은 2.08m의 길어깨가 확보된다면 자동차가 자전거를 추월할 때의 회피행태를 최소화하면서 주행할 수 있다는 것을 의미한다. 실험대상구간의 도로형태가 직선과 곡선으로 이루어져 있고, 각 실험구간에 대해 등분산성을 검정한 결과 직선과 곡선에 따른 분산의 정도가 동일한 것으로 나타났으므로 본 연구에서 제시된 안전 이격거리와 최소 길어깨폭은 모든 도로에 적용이 가능할 것으로 판단된다. 향후에 차종별 이격거리를 통한 최소 길어깨폭 산정 등에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] Alfredo Garcia, Antonio Angel Domenech, Carlos Llorca, Fernando Agustin Gomez and Vicente Ferrer, “Effects of Road Geometry on the Interaction between Cyclists and Vehicles on Two Lane Rural Highways”, International Symposium on Highway Geometric Design, 2015.

[2] Harkey, D., and Stewart, J., “Evaluation of shared-use facilities for bicycles and motor vehicles”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research* Board, (1578), pp.111-118, 1997.

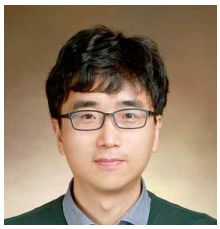
[3] Jeon, Woo Hoon, Lee, Young-Ihn, Yang, Inchul, Lee, Hyang Mi, “Study on a methodology to estimate minimum required separation distance between vehicle and bicycle when overtaking”, *Korean Society of Road Engineers*, Vol.19 No.6 : pp.191-199, 2017.

[4] Jilla, Robert J., “Effects of Bicycle Lanes on Traffic Flow”, purdue University, School of Engineering, West Lafayette, 1974.

[5] Kroll, Bonnie and Melvin R. Ramey, “Effects of Bike lanes on Driver and Bicyclist Behavior”, Transportation Engineering Journal, 1977.

[6] McHenry, Steven R. and Michael J. Wallace, “Evaluation of Wide Curb Lanes as Shared Lane Bicycle Facilities”, Report No. FHWA/MD-85/06, Maryland Department of Transportation, 1985.

[7] Tin Tin, S., A. Woodward, and S. Ameratunga, “incident, Risk, and Protective Factors of Bicycle Crashes”. *Preventive Medicine,* Vol.57, No.3, 2013.



전우훈(Woo Hoon Jeon)

2016년: 서울대학교 도시계획학 박사
2001년: 한양대학교 교통공학 석사
1999년: 한양대학교 교통공학 학사

2001년～현 재: 한국건설기술연구원 수석연구원
※관심분야 : 도로안전, 무동력 교통수단, 모바일 앱, 도로시설

양인철(Inchul Yang)

2011년: Ph.D. in Civil Engineering
at Univ. of California, Irvine
2000년: 연세대학교 도시공학석사
1998년: 연세대학교 도시공학 학사

2011년～현 재: 한국건설기술연구원 연구위원
※관심분야 : 첨단교통, 자율주행, C-ITS, 도로안전, 도로시설