

이용자 만족도를 고려한 델리네이터 설치 및 운용 방법론에 관한 연구

Methodology for Determining Delineator Placement and Operation Based on User's Satisfaction

박재홍 Park, Jae-Hong | 정희원 · 한양대학교 교통공학과 석사과정 · 주저자 (E-mail : jhong20@hanyang.ac.kr)
오철 Oh, Cheol | 정희원 · 한양대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : cheolo@hanyang.ac.kr)
김용걸 Kim, Yong-Gul | 비회원 · (주)건화 교통연구실 부장 · 공동저자 (E-mail : ygkim@kunhwaeng.co.kr)

ABSTRACT

Delineator is a useful device to support driver's safer maneuver. Effective placement and operation of the delineator would lead to prevent traffic accidents on the roads. This study evaluates the effectiveness of parameters associated with delineator placement and operation, which include spacing, height and size, from the point of user's satisfaction. Also, this study devises a methodology for determining such parameters using binary logistic regression technique. The proposed model is capable of producing probabilistic measure of user's satisfaction according to the various parameters. The outcome of this study would be useful fundamentals for more effective placement and operation of delineators.

KEYWORDS

delineator, user's satisfaction, binary logistic regression, ANOVA test

요지

시선유도시설은 주·야간에 도로의 직선 및 곡선구간 선형에 관한 정보를 운전자에게 제공하고 차선의 역할을 수행하는 시설물이다. 특히, 시선유도표지(델리네이터)는 도로 선형에 관한 정보를 제공하고 차량이탈사고 예방등에 활용되는 대표적인 시선유도시설이다. 본 연구에서는 시선유도표지(델리네이터)의 설치지침에 제시한 기준을 피실험자의 만족도를 통해 평가하고 델리네이터의 높이와 크기가 고려된 델리네이터 간격을 설정하는 방법론을 제시하였다. 실험결과, 델리네이터의 간격과 크기에 대한 피실험자의 만족도는 낮게 나타났으며, 델리네이터의 높이에 대한 피실험자의 만족도는 높게 나타났다. 또한, 본 연구에서는 독립변수를 델리네이터의 간격, 높이 및 크기로 설정하고 종속변수를 이용자 만족도로 사용하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 분석결과를 통해 이용자의 70%가 만족하고 델리네이터의 높이와 크기가 고려된 델리네이터 간격을 설정하여 제시하였다. 델리네이터 크기가 100mm인 경우 높이에 따라 6.10m~14.28m의 간격을 선정해야하며, 델리네이터 크기가 150mm인 경우 높이에 따라 22.01m~30.19m의 간격을 설정해야 하는 것으로 분석되었다.

핵심용어

시선유도시설, 델리네이터, 이용자 만족도, 이항 로지스틱 회귀분석, 분산분석

1. 서론

최근 6년(2003~2007)동안 고속도로에서 발생한 교통사고자료를 분석하면, 야간에 발생한 교통사고는 주간에 발생한 교통사고보다 사고심각도가 높은 것으로 나타났다. 주간 사고 4,488건/6년, 야간사고 2,971건/6년의 교통사고를 통

해, 주간 166명, 야간 142명의 사망자가 발생하였다. 사고건수당 사망자수는 주간에는 0.37명/건, 야간에는 0.48명/건으로 나타나므로 야간에는 주간보다 사고심각도가 높은 것을 알 수 있다. 또한 이상기후(비, 흐림, 안개 등)에서도 야간의 사고심각도가 더 높은 것으로 나타나므로 야간 사고를 예방

하기 위한 노력이 필요하다. 특히, 야간에 발생하는 교통사고 원인 중에서 운전자의 시선유도 제한으로 인해 발생하는 야간사고를 예방하기 위해서는 시선유도시설의 설치 기준 등의 개선이 필요하다.

시선유도시설은 주·야간에 도로의 직선 및 곡선구간에 관한 선형정보를 운전자에게 제공하고 차선의 역할을 수행하는 시설물로서, 운전자의 시선유도등에 제한을 받아 사고발생가능성이 높은 야간에 필요성이 요구된다. 현재 국내에는 도로 안전시설 설치 및 관리지침(건설교통부, 2008)에 제시되어 있는 기준으로 시선유도시설이 설치되어 있다. 시선유도시설에는 반사체를 사용하여 운전자의 시선을 유도하는 시선유도표지, 갈매기 기호체를 사용하여 도로의 선형 및 굴곡 정도에 대한 정보를 제공하는 갈매기 표지가 있다. 또한, 도로 상에 위치해 있는 각종 구조물로부터 차량을 안전하게 유도할 목적으로 설치된 시설물인 표적표지, 도색 및 빗금표지, 시선유도봉 등이 있다.

특히, 시선유도표지(텔레네이터)는 곡선구간과 긴 직선구간을 포함하여 짧은 직선구간 등에서도 폭넓게 이용된다. 또한, 야간에 차량의 전조등으로부터 빛을 입사 방향과 근사한 방향으로 재귀반사하여 운전자에게 전방의 도로 선형에 관한 정보를 제공하여 차량이탈사고 등을 예방한다. 눈이 쌓여 노면표시가 가려지는 경우에도 유일한 선형 정보의 제공수단으로써 기능을 수행한다.

본 연구에서는 다양한 시선유도시설 중에서 비용이 저렴하고 설치가 용이한 장점을 가진 시선유도표지(텔레네이터)를 이용하여 설치지침에서 제시한 기준에 대하여 피실험자의 만족도를 평가하고 시선유도표지(텔레네이터) 설치지침에 관한 방법론을 제시하는데 목적을 두고 연구를 수행하였다.

실험을 수행하기 위해 시선유도표지(텔레네이터)의 설치 간격, 높이 및 크기가 조합된 40가지 case를 피실험자에게 제시하여 실험에 대한 만족도(1점~5점)를 분산분석과 T-검정을 통해 분석하였다. 또한, 40가지 case의 만족도(0점, 1점)를 이용하여 이항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 이항 로지스틱 회귀분석에 사용된 독립변수는 텔레네이터의 간격, 높이 및 크기이며, 종속변수는 이용자의 만족도(0점, 1점)로 설정하였다. 이항 로지스틱 회귀분석을 이용하여 이용자의 만족도를 확률적 결과값(probabilistic outcome)으로 나타낼 수 있는 모형을 도출하고, 텔레네이터의 다양한 높이 및 크기가 고려된 텔레네이터 간격을 설정하는 방법론을 제시하였다.

2. 관련연구고찰

본 장에서는 이용자 만족도를 고려한 텔레네이터 간격을

설정하는 방법론을 제시하기 전에 국내·외의 관련 논문을 고찰하였다.

금기정(2006)은 현장조사를 통해 유출부의 시선유도시설을 조사하고 설치기준의 적합성을 검토하였다. 또한, 시선유도시설이 안전표지, 장애물표적표지, 시선유도등, 시선유도봉으로 조합된 경우에 운전자가 유출부를 인지하는데 유리한 것으로 평가하였다. 전우훈(2007)은 운전자의 행태를 통한 시선유도시설의 효과를 검증하고 직선구간과 곡선구간이 연결된 장소에서 시선유도시설의 효과를 검증하였다. 실험결과 야간에 시선유도시설이 설치될 경우 운전자에게 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 직선구간에서는 시선유도표지, 곡선구간에서는 갈매기표지의 인지거리가 높은 것으로 제시하였다.

Zwahlen(1988)은 2차로와 4차로 고속도로의 직선구간과 곡선구간에서 텔레네이터의 최적의 측면 이격거리, 높이를 분석하였다. 실험결과 106.68cm의 높이에 역반사체를 설치하는 것이 적합하다고 제시하였다. 또한, 도로의 가장자리에 텔레네이터를 설치하고 설치간격은 3.0~4.3m로 설정하였다. Yasuhiko Kajiya(1997)는 Pole-type Visibility Meter를 통해 가시거리 측정이 가능하고 가시거리정도에 따라 빛을 방출하며 CHSR(Car Halt Surveillance Radar)이 위험상황을 감지하여 후행차량에게 경고정보를 제공하는 지능형 텔레네이터를 이용하여 실험을 하였다. 실험에 사용된 지능형 텔레네이터 시스템은 운영이 정확하고 안정성이 있는 것으로 나타났다. Chrysler(2005)는 운전자는 곡선구간에 접근할 경우 텔레네이터 간격에 대한 구분을 할 수 없는 것으로 분석했으며, 곡선반경과 텔레네이터 개수는 영향이 없는 것으로 분석하였다. 또한, 노란색과 하얀색의 텔레네이터의 차이를 운전자들이 판단하지 못한다고 제시하였다. Kazunori Munehiro(2009)는 시인성이 감소하는 안개조건 및 주·야간의 환경에서 LED-텔레네이터를 이용하여 평가하였다. 또한, 가시거리가 100m인 안개지역에서 60km/h의 속도일 경우, 권장 발광 광도는 주간에 220~850cd, 야간에 12~43cd라고 제시하였다. Skinner(2009)는 텔레네이터의 크기와 도로로부터의 거리를 조정하여 운전자가 곡선구간에 진입했을 때, 운전자의 행동, 인식과의 관계에 관한 실험을 실시하였다. 텔레네이터의 크기변화는 운전자의 인식에는 효과가 존재하지만 행동에는 효과가 없는 것으로 분석되었다.

이와 같이 국내·외에는 각각의 설치의 지침에서 제시하는 기준에 따라 설치된 텔레네이터를 대상으로 텔레네이터의 설치에 대한 평가와 새로운 설치기준을 제시하였다. 하지만 운전자의 만족도를 고려하여 텔레네이터 설치기준등을 제시한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 운전자의 만족도를 반영하고, 텔레네이터의 높이와 크기가 고려된 텔레네

이터의 간격을 제안하는 방법론에 대한 연구를 실시하였다.

3. 실험개요 및 실험 방법론

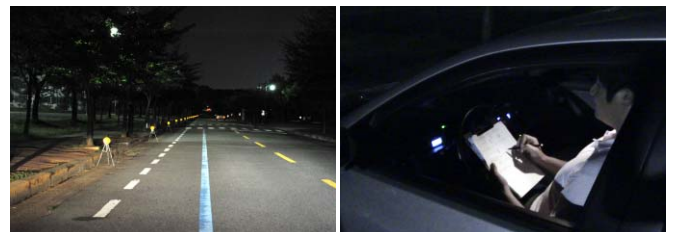
텔리네이터는 야간에 도로를 주행하는 운전자의 시선유도를 위하여 설치되었다. 따라서, 도로를 주행하는 운전자에게 효과적인 시선유도를 위해서는 텔리네이터의 적정 간격, 크기 및 높이를 설정하는 것은 중요하다.

본 연구에서는 텔리네이터의 적정 간격, 크기 및 높이를 설정하기 위하여 이용자 만족도 실험을 실시하였으며, 그림 1에는 분석절차(평가) 흐름도를 제시하였다. 텔리네이터 설치 및 운용을 위해 4단계의 진행과정을 설정하였다. 1단계는 문제인식 단계이며, 텔리네이터의 설치 및 운용을 위한 parameter를 도출하는 단계이다. 2단계는 조사단계로서 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기를 사전에 40가지 case로 조합하여 피실험자에게 제시하였다. 40가지의 case에 대한 피실험자의 다양한 만족도는 Scale-1, 2를 통해 측정된다. 3단계는 분석단계로서 측정된 Scale-1, 2를 분산분석, T-검정, 이항 로지스틱 회귀분석을 통해 분석하였다. Scale-1은 피실험자의 만족도를 1점(매우 불만족), 2점(불만족), 3점(보통), 4점(만족), 5점(매우 만족)으로 구분하여 측정하였다. 텔리네이터의 간격 및 높이는 분산분석으로 만족도를 분석했으며, 텔리네이터의 크기는 T-검정을 통해 만족도를 분석하였다. Scale-2는 0(만족하지 않음), 1(만족함)로 구분하여 측정된 뒤, 이항 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 이때, 텔리네이터 간격, 높이 및 크기는 독립변수로 사용됐으며, Scale-2의 만족도를 종속변수로 사용하였다. 분산분석과 T-검정의 종속변수는 척도형을 사용해야함으로 피실험자의 만족도를 1점~5점으로 구분했으며, 이항 로지스틱 회귀분석의 종속변수는 범주형이므로 만족도를 0과 1로 구분하였다. 마

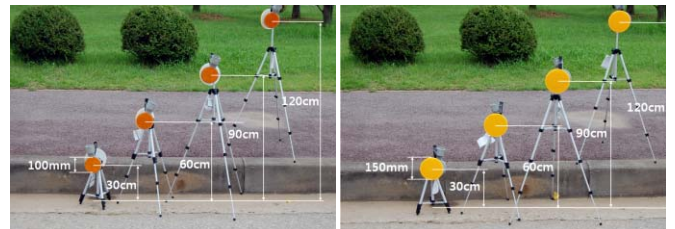
지막으로 4단계에서는 텔리네이터의 간격, 크기, 높이를 독립변수로 사용하고 이항 로지스틱 회귀분석을 통해 도출된 모형을 텔리네이터 설치 방법론으로 제시하였다.

3.1. 실험 개요

텔리네이터의 적정 간격, 높이 및 크기를 설정하기 위해 2009년 7월 21일 한양대학교(안산캠퍼스) 직선부 2차로 도로에서 실험을 실시하였다. 텔리네이터는 그림 2(a)에 제시된 200m 직선구간의 길어깨 가장자리에 설치하였다. 일반적으로 시선유도표지는 설계속도가 50km/h 이상인 구간, 도로 선형이 급격히 변하는 구간, 차로 수나 차도 폭이 변화하는 구간에 설치하는 것으로 지침에 제시되어 있다. 하지만 본 연구에서는 지침에 제시된 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기에 대한 만족도를 분석하고 이를 고려한 새로운 설치방법론을 제시하는데 목적이 있으므로 차선변화가 없는 직선부 도로에서 실험을 실시하였다.



(a) 간격:10m, 높이:60cm, 크기:150mm (b) 이용자 만족도 조사



(c) 텔리네이터 크기 : 100mm (d) 텔리네이터 크기 : 150mm

그림 2. 텔리네이터 실험 예

본 연구에서는 운전경력이 있는 20대 남성 18명과 여성 11명을 피실험인원으로 설정하였다. 피실험인원은 그림 2(b)와 같이 정차된 차량에 탑승하여 사전에 준비된 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기를 확인하고 각각에 대한 만족도를 표시하였다. 일반적인 도로의 상황에 적용하기 위하여, 기상상태가 양호한 날을 기준으로 일몰시간 이후인 20시 30분부터 실험을 실시하였다.

그림 2(c)에는 텔리네이터 크기가 100mm이고 높이가 30, 60, 90, 120cm에 해당하는 텔리네이터를 제시했으며, 그림 2(d)는 텔리네이터 크기가 150mm이고 높이가 30, 60, 90, 120cm에 해당하는 텔리네이터를 제시하였다.

도로안전시설 설치 및 관리지침(건설교통부, 2008)에 제

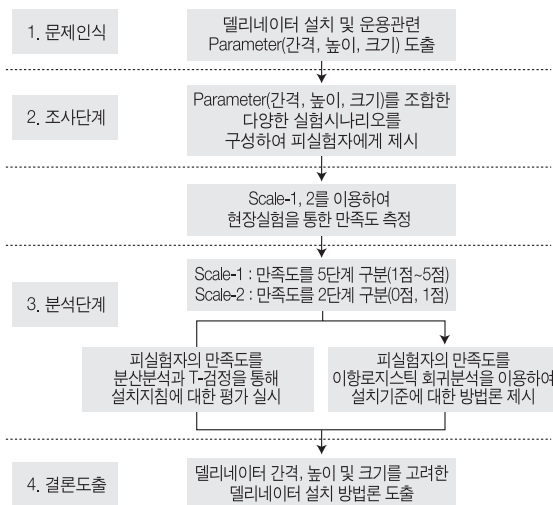


그림 1. 분석절차(평가) 흐름도

시된 텔리네이터의 간격, 크기 및 높이를 기준으로 비교대상을 설정하였다. 텔리네이터의 설치간격은 곡선구간과 직선구간으로 구별되어 제시되어 있으며, 직선구간의 최대 설치 간격은 일반도로 40m, 고속도로 50m로 제시되어 있다. 따라서 본 연구에서는 10m, 20m, 30m를 추가하여 5가지 경우를 피실험자에게 제시하였다. 또한, 도로안전시설 설치 및 관리 지침(건설교통부, 2008)에 제시된 텔리네이터의 높이는 90cm로 설치하는 것을 표준으로 제시하고 있다. 텔리네이터의 설치 높이는 노면으로부터 반사체의 중심까지의 거리를 의미하며, 본 연구에서는 30cm, 60cm, 120cm를 추가하여 4가지 경우를 피실험자에게 제시하였다. 마지막으로 텔리네이터의 크기(직경)는 유효 채귀반사면의 지름을 의미하며, 100mm의 원형을 제시하고 있다. 본 연구에서는 150mm의 텔리네이터 크기를 추가하여 도로안전시설 설치 및 관리지침에서 제시하고 있는 크기와 비교하였다.

4. 텔리네이터 설치지침에 대한 평가

본 연구는 텔리네이터 간격, 높이 및 크기가 고려된 텔리네이터 설치 및 운용 방법에 대한 연구를 실시하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서는 설치지침에서 제시하고 있는 기준에 대한 피실험자의 만족도를 구별하여 분석을 실시하였다. 텔리네이터의 간격과 높이는 분석요인이 3개 이상이므로 분산분석을 실시하고, 텔리네이터 크기는 분석요인이 2개이므로 T-검정을 사용한 분석을 실시하였다. 텔리네이터 간격, 높이 및 크기에 대한 만족도의 검증을 위해 사용된 귀무가설(H0) 및 대립가설(H1)을 표 1에 제시하였다.

표 1. 분산분석, T-검정에 대한 귀무가설 및 대립가설

| 간격 | H0 | 유의수준 5%하에서 5종류의 텔리네이터 간격에 따른 만족도의 차이가 없다. |
|----|----|---|
| | H1 | 유의수준 5%하에서 5종류의 텔리네이터 간격에 따른 만족도의 차이가 있다. |
| 높이 | H0 | 유의수준 5%하에서 4종류의 텔리네이터 높이에 따른 만족도의 차이가 없다. |
| | H1 | 유의수준 5%하에서 4종류의 텔리네이터 높이에 따른 만족도의 차이가 있다. |
| 크기 | H0 | 유의수준 5%하에서 2종류의 텔리네이터 크기에 따른 만족도의 차이가 없다. |
| | H1 | 유의수준 5%하에서 2종류의 텔리네이터 크기에 따른 만족도의 차이가 있다. |

텔리네이터 간격에 대한 만족도의 분산분석 결과를 표 2에 제시하였다. 텔리네이터 간격이 10m인 경우에 피실험자의 만족도가 3.62로 가장 높게 나타났다. 또한, 유의확률이 0.000으로 나타나므로 유의수준 5%하에서 5종류의 텔리네이터 간격에 대한 만족도의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났으며, 분산분석 결과는 통계적인 의미가 있는 것으로 분석되었다. 각각의 모집단의 평균이 다른 모집단의 평균과 차이가 있는지를 분석하는 Tukey's pairwise

comparison을 사후분석방법으로 사용하였다. Tukey의 사후분석 결과 텔리네이터 간격이 10m인 경우에 피실험자의 만족도가 높은 것은 다른 간격에 대해 차이가 있는 것으로 분석되었다. 하지만 기존 지침에서 제시된 40m(일반도로)와 50m(고속도로)에 대한 피실험자의 만족도는 각각 2.49와 2.02로써 낮게 나타나므로 기존지침에서 제시한 간격에 대해서는 피실험자의 만족도가 낮은 것으로 분석되었다.

표 2. 텔리네이터 간격 분석 실험

| | 제공합 | 자유도 | 평균제공 | F | 유의확률 | | |
|-----------|----------|------|--------|---------|-------|------|------|
| 집단-간 | 389.471 | 4 | 97.368 | 108.071 | 0.000 | | |
| 집단-내 | 1040.612 | 1155 | 0.901 | | | | |
| 합계 | 1430.083 | 1159 | | | | | |
| 제공내용 | | N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Tukey HSD | 50m | 232 | 2.02 | | | | |
| | 40m | | | 2.49 | | | |
| | 30m | | | | 2.85 | | |
| | 20m | | | | | 3.37 | |
| | 10m | | | | | | 3.62 |
| 유의확률 | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

텔리네이터 높이에 대한 만족도의 분산분석 결과를 표 3에 제시하였다. 텔리네이터 높이가 90cm인 경우에 피실험자의 만족도가 3.01로써 가장 높게 나타났다. 또한, 유의확률이 0.001로 나타나므로 4종류의 높이에 따른 만족도의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. Tukey의 사후분석결과 텔리네이터의 높이가 120cm인 경우 90cm와 동일한 집단을 형성하며, 30cm와 60cm가 하나의 집단을 형성하는 것으로 나타났다. 텔리네이터 높이가 120cm인 경우는 만족도가 2.98을 나타내지만 90cm와 동일한 집단을 형성하므로 90cm와 120cm는 통계적으로 차이가 없는 것으로 분석되었다. 또한, 기존 지침에 제시된 텔리네이터의 설치 높이 90cm는 피실험자가 가장 만족하는 높이와 동일한 것으로 분석되었다.

표 3. 텔리네이터 높이 분석 실험

| | 제공합 | 자유도 | 평균제공 | F | 유의확률 |
|-----------|----------|------|-------|-------|-------|
| 집단-간 | 21.545 | 3 | 7.182 | 5.894 | 0.001 |
| 집단-내 | 1408.538 | 1156 | 1.218 | | |
| 합계 | 1430.083 | 1159 | | | |
| 제공내용 | | N | 1 | 2 | |
| Tukey HSD | 30cm | 290 | 2.68 | | |
| | 60cm | | 2.81 | | |
| | 120cm | | | 2.98 | |
| | 90cm | | | 3.01 | |
| 유의확률 | | | 0.48 | 0.11 | |

텔레네이터 크기에 대한 만족도의 T-검정결과를 표 4에 제시하였다. 텔레네이터 크기에 대한 분석은 텔레네이터 간격을 고려하여 피실험자의 만족도를 제시하였다. 텔레네이터 크기에 대한 분석 결과 피실험자에게 제시한 모든 간격에서 텔레네이터 크기가 150mm인 경우에 대한 만족도가 높게 나타나는 것으로 분석되었다. 특히, 텔레네이터의 간격이 10m와 20m인 경우 텔레네이터 크기에 대한 만족도가 높게 나타났다. 또한, 모든 간격에서 유의확률이 0.05 이하인 것으로 나타나므로 텔레네이터 크기에 따른 만족도의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하였다. 또한, t-통계량과 유의확률을 통해 텔레네이터 높이에 대한 피실험자의 만족도 결과는 통계적 의미를 가지는 것으로 판단되었다. 그러나 텔레네이터 크기에 대한 기준지침에는 텔레네이터 크기를 100mm로 제시하고 있지만, 기준지침에 대한 피실험자의 만족도는 낮은 것으로 분석되었다.

표 4. 텔레네이터 크기 분석 실험

| 크기 간격 | 100mm | 150mm | t-통계량 | 유의확률 |
|----------|-------|-------|--------|------|
| 10m | 3.47 | 3.77 | -2.505 | 0.01 |
| 20m | 3.14 | 3.60 | -4.284 | 0.00 |
| 30m | 2.53 | 3.17 | -5.703 | 0.00 |
| 40m | 2.16 | 2.82 | -5.258 | 0.00 |
| 50m | 1.68 | 2.35 | -5.264 | 0.00 |

텔레네이터 간격, 높이 및 크기에 관한 피실험자의 만족도를 분산분석 및 T-검정을 통해 설치지침에 대한 평가를 실시하였다. 텔레네이터 간격과 크기의 경우 설치지침에서 제시한 기준에 대한 피실험자의 만족도는 낮게 분석되었지만, 텔레네이터 높이의 경우 설치지침에서 제시한 기준에 대한 피실험자의 만족도가 높게 나타나는 것으로 분석되었다.

따라서, 텔레네이터 설치지침에서 parameter에 대한 기준과 피실험자의 만족도는 일치하지 않는 것으로 판단되므로 이용자의 만족도를 높일 수 있는 텔레네이터 설치에 관한 방법론을 제시하였다.

5. 텔레네이터 설치 기준에 대한 방법론

본 연구에서는 4장에서 제시한 텔레네이터의 다양한 간격, 높이 및 크기에 대하여 피실험자의 만족도에 대한 평가에 기초하여 피실험자의 만족도를 충족시키기 위한 방법론을 제안하고 결과 예를 제시하였다. 피실험자의 다양한 만족도를 충족시키기 위한 방법으로 이항 로지스틱 회귀분석을 적용하여 피실험자의 만족도에 따른 확률모형을 제시하였다.

이항 로지스틱 회귀분석은 종속변수가 범주형으로 관측된

데이터를 적합시킬 때 유용하게 사용되는 기법이다. 또한, 선형회귀모형의 단점을 극복하기 위해 확률에 대한 로지스틱 변환을 고려하여 분석하는 방법으로 사용된다. 본 연구에 사용된 독립변수는 텔레네이터의 간격, 높이 및 크기변수를 사용하였다. 종속변수는 텔레네이터의 간격, 높이 및 크기가 조합된 40개의 case에 대한 피실험자의 만족도인 Scale-2를 사용하였다. Scale-2는 피실험자가 제시된 case에 불만족 0, 만족 1로 나타낸 평가척도이다. 즉, 종속변수의 값이 1일 경우 설치된 텔레네이터에 대한 피실험자의 만족도가 100%임을 의미한다. 텔레네이터 설치 간격, 높이 및 크기에 대한 피실험자의 만족도의 확률을 나타낸 함수식을 식(1)에 제시하였다. 또한, 그림 3에는 이항 로지스틱 회귀모형의 일반적인 S자 모형의 형태를 나타내었다.

$$P(Y_i = 1|X_i) = \frac{\exp[f(X_i, \beta)]}{1 + \exp[f(X_i, \beta)]} \quad (1)$$

여기서,

Y_i : 설치된 텔레네이터에 대해 피실험자가 만족할 확률

X_i : 피실험자의 만족도에 영향을 미치는 독립변수

$f(X_i, \beta)$: X_i 와 β 로 구성된 함수

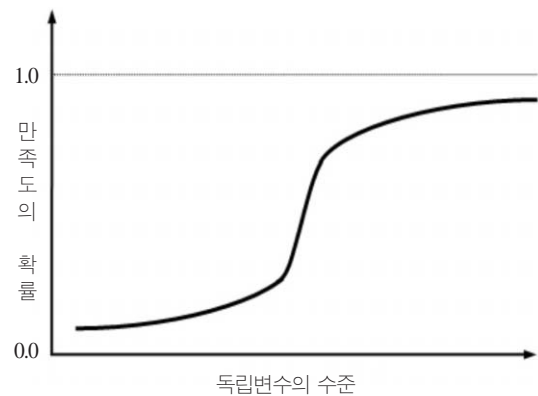


그림 3. 이항 로지스틱 회귀 모형 함수

표 5. 이항 로지스틱 회귀모형 분류정확도

| 관측값 | | 예측값 | | | 분류정확도 (%) | |
|-----|-----|------|------|------|-----------|------|
| | | 만족도C | | 0.00 | | 1.00 |
| | | 0.00 | 1.00 | | | |
| 3단계 | 만족도 | 0.00 | 408 | 165 | 71.2 | |
| | C | 1.00 | 172 | 415 | 70.7 | |
| | 전체% | | | | 70.9 | |

a. 절단값은 0.500

텔레네이터의 간격, 높이 및 크기를 독립변수로 설정한 경우에 대한 분류정확도를 표 5에 제시하였다. 분류정확도란 제시된 모형식을 이용하여 확률 값을 예측했을 때, 정확도를

비율로 제시한 값을 의미한다. 분석결과 3단계에 대한 분류정확도가 70.9%로 높게 나타나므로 3단계에 사용된 독립변수를 모형식에 적용하였다. 이항 로지스틱 회귀분석에서 사용된 단계별 독립변수는 표 6에 제시하였다. 분류 정확도의 결과를 이용하여 델리네이터의 간격, 높이 및 크기 변수를 모형식의 독립변수로 사용하였다. 또한, 3단계의 Nagelkerke R-제곱값은 0.274로 나타나며, 독립변수의 Wald statistic값이 5 이상이므로 제시된 모형식은 유의한 것으로 분석되었다.

표 6. 단계별 적용된 독립변수

| 구분 | B | S.E | Wald statistic | 자유도 | 유의 확률 | EXP (B) | -2 Log 우도 | Cox와 Snell의 R-제곱 | Nagelkerke R-제곱 |
|------|----|--------|----------------|---------|-------|---------|-----------|------------------|-----------------|
| 3 단계 | 높이 | 0.006 | 0.002 | 10.611 | 1 | 0.001 | 1.006 | 1341.280 | 0.274 |
| | 간격 | -0.067 | 0.005 | 173.132 | 1 | 0.000 | 0.935 | | |
| | 크기 | 0.021 | 0.003 | 58.716 | 1 | 0.000 | 1.021 | | |
| | 상수 | -1.030 | 0.380 | 7.350 | 1 | 0.007 | 0.357 | | |

3단계에서 도출된 독립변수를 사용한 이항 로지스틱 회귀모형을 식 (2)에 제시했으며, 델리네이터 간격변수의 계수는 음을 나타내며, 높이와 크기변수의 계수는 양을 나타낸다. 따라서, 피실험자의 만족도는 델리네이터 간격이 넓어질수록 낮아지며, 델리네이터 높이와 크기 값이 클수록 만족도가 높

아지는 것으로 분석되었다.

$$Y = \frac{\exp(-1.030 - 0.067X_{\text{간격}} + 0.006X_{\text{높이}} + 0.021X_{\text{크기}})}{1 + \exp(-1.030 - 0.067X_{\text{간격}} + 0.006X_{\text{높이}} + 0.021X_{\text{크기}})} \quad (2)$$

$X_{\text{간격}}$: 델리네이터 설치 간격

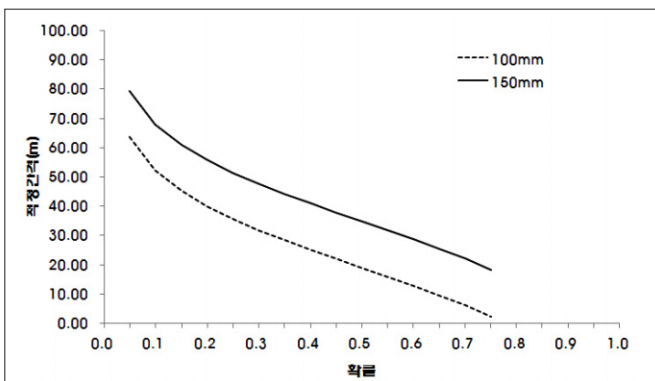
$X_{\text{높이}}$: 델리네이터 설치 높이

$X_{\text{크기}}$: 델리네이터 설치 크기

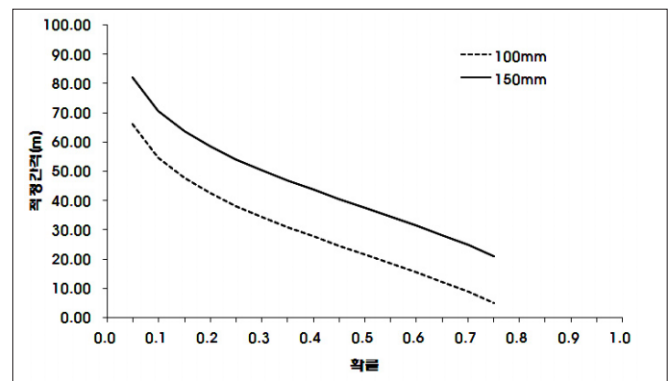
Y : 피실험의 만족도를 나타내는 확률 값

표 7. 델리네이터 크기에 따른 델리네이터 간격

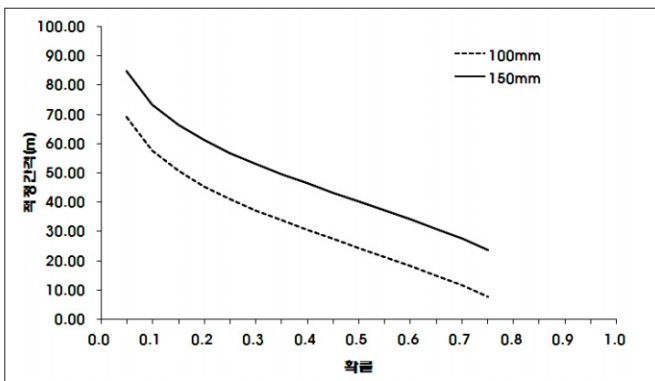
| 구분 | 크기 | 확률 | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0.50 | 0.55 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.75 |
| 30cm | 100mm | 18.94 | 15.90 | 12.80 | 9.56 | 6.10 | 2.29 |
| | 150mm | 34.85 | 31.81 | 28.71 | 25.47 | 22.01 | 18.20 |
| 60cm | 100mm | 21.67 | 18.63 | 15.52 | 12.29 | 8.83 | 5.02 |
| | 150mm | 37.58 | 34.54 | 31.43 | 28.20 | 24.74 | 20.93 |
| 90cm | 100mm | 24.39 | 21.35 | 18.25 | 15.01 | 11.56 | 7.75 |
| | 150mm | 40.30 | 37.26 | 34.16 | 30.92 | 27.47 | 23.66 |
| 120cm | 100mm | 27.12 | 24.08 | 20.98 | 17.74 | 14.28 | 10.48 |
| | 150mm | 43.03 | 39.99 | 36.89 | 33.65 | 30.19 | 26.38 |



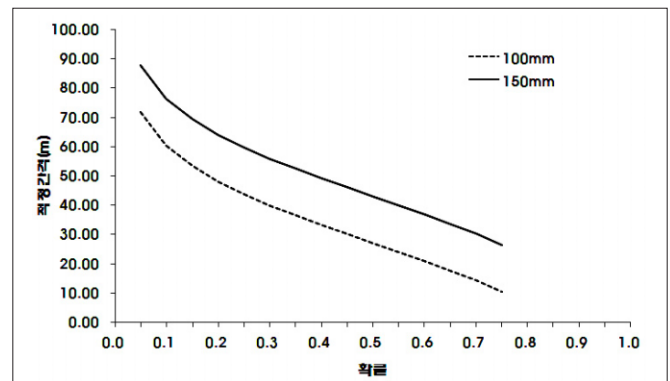
(a) 델리네이터 높이 : 30cm



(b) 델리네이터 높이 : 60cm



(c) 델리네이터 높이 : 90cm



(d) 델리네이터 높이 : 120cm

그림 4. 델리네이터 높이 및 크기에 따른 델리네이터 간격 변화

그림 4에서는 식 (2)의 모형을 이용하여 피실험자의 만족도를 충족시키기 위한 텔리네이터의 높이와 크기가 고려된 텔리네이터의 간격을 그래프로 제시하고 표 7에서는 표로 제시하였다. 예를 들어, 피실험자에게 제시된 텔리네이터를 피실험자가 70%가 만족하기 위해서는 텔리네이터의 높이가 30cm, 크기가 100mm인 경우 텔리네이터 간격은 6.10m가 되어야 한다. 텔리네이터의 높이가 30cm일지라도 크기가 150mm인 경우에는 22.01m의 텔리네이터 간격이 적당한 것으로 분석되었다. 또한, 텔리네이터의 크기를 100mm로 사용한 경우에도 설치 높이에 따라 간격의 차이가 존재하는 것으로 분석되었다. 따라서, 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기가 고려된 모형식을 통해 피실험자의 만족도를 70%로 유지하기 위해서는 텔리네이터 크기가 100mm인 경우 높이에 따라 6.10m~14.28m의 간격을 설정하며, 텔리네이터 크기가 150mm인 경우 22.01m~30.19m의 간격을 설정해야 하는 것으로 분석되었다.

6. 결론 및 향후연구

운전자의 시선을 유도하는 시설유도시설은 운전자에게 차선의 선형정보를 제공하고 차선의 보조역할을 담당한다. 또한, 시선유도시설에는 갈매기표지, 도색 및 빗금표지, 시선유도봉등이 있으며, 시선유도시설은 사고심각도가 높은 야간에 필요성이 더욱 요구되므로 시선유도시설의 설치 기준을 설정하는 것은 중요한 문제이다.

본 연구에서는 시선유도시설물 중에서 비용이 저렴하고 설치가 용이한 텔리네이터를 이용하여 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기에 대한 이용자의 만족도 실험을 통해 설치지침에 대한 평가 및 설치에 대한 방법론을 제안하였다. 분석방법으로는 29명의 피실험자를 대상으로 기존에 제시된 텔리네이터의 설치 기준에 비교대상을 조합한 40가지 case에 대한 만족도에 대한 실험을 실시하였다. 실험 분석결과 텔리네이터의 높이는 설치지침의 기준에 대한 만족도가 높게 나타났으나, 텔리네이터의 간격과 크기에 대해서는 설치지침에서 제시한 기준에 대한 만족도가 낮게 나타나는 것으로 분석되었다. 텔리네이터의 만족도에 관한 실험결과는 사전에 준비된 40개의 case에 대하여 피실험자에게 제시하였으므로, 실제 도로환경의 설치 간격 등과 차이가 발생할 수 있다. 따라서 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기가 종합적으로 고려된 설치 방법론을 제안하였다. 29명의 피실험자를 대상으로 한 결과를 이용하여 이항 로지스틱 회귀분석 예를 제시했으며, 피실험자의 만족도를 70%로 유지하기 위해서는 텔리네이터 크기가 100mm인 경우 높이에 따라 6.10m~14.28m의 간격을 선정해야하며, 텔리네이터 크기가 150mm인 경우 22.01m~30.19m의 간격을 설정해야 하

는 것으로 분석되었다.

본 연구의 결과를 현장에 적용하기 위해 해결해야 할 향후 과제는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기만을 독립변수로 설정하였다. 하지만, 텔리네이터 반사체의 휘도 등에 따라 반사도에 차이가 크게 존재한다. 따라서 동일한 텔리네이터의 간격, 높이 및 크기에서도 텔리네이터의 반사도에 따라 실험결과에 영향을 미치므로 다양한 독립변수의 설정이 필요하다.

둘째, 본 연구에서는 실제 주행도로가 아닌 학교 내부 구간에 텔리네이터를 설치하여 실험을 실시하였다. 하지만 실제 주행환경에서는 주행차량의 속도, 선행/후행차량의 영향, 곡선구간 등의 기하구조 등에 따라 이용자 만족도의 결과 차이가 발생할 가능성이 존재한다. 따라서 실제 주행환경에서 주행차량에서의 추가 실험을 통해 정지한 차량에서 분석된 만족도와 비교를 통해 결과의 일반화가 필요하다.

마지막으로 피실험자의 연령대가 20대로 한정되어 있으므로 다양한 연령에 따른 분석이 이루어지지 못했다. 따라서, 다양한 연령대의 범위를 추가하여 실험인원을 증원하여 향후 연구가 진행되어야 한다.

본 연구에서 제시된 추가 연구사항을 고려한 종합적인 실험이 이루어져야하며, 본 연구에서 제시한 텔리네이터 설치 방법론은 텔리네이터 설치지침의 연구자료로써 활용될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 금기정, 김홍상, 민경태, 양계승, “국도유출부 안전지단을 위한 시선유도시설의 유형별 기능검토”, *한국도로학회논문집* 제8권 4호, pp.1~11
- 오철, 김태형, 이재준, 이수범, 이청원(2008), “Driving Simulator를 이용한 유출지점 경로안내용 VMS 적정 설치 위치 결정에 관한 연구”, *대한교통학회*, 제26권 제1호, pp.155~164
- 전우훈, 조혜진(2004), “시선유도시설의 설치지침에 대한 개선방안 연구”, *대한토목학회 정기학술대회*, pp.1225~1233
- 전우훈, 조혜진(2005), “시선유도시설의 성능 비교”, *한국도로학회, 학술발표논문집*, pp.369~374
- 전우훈, 조혜진(2007), “인지거리와 측방위치를 이용한 시선유도시설의 설치방법에 관한 연구”, *한국도로학회논문집* 제9권 3호, pp.29~38
- Helmut T. Zwahlen, Michael E. Miller, Mohannad Khan, and Rodger Dunn, “Optimization of post delineator placement from a visibility point of view”, *Transportation research record* 1172
- Kazunori Munehiro, P. E., Roberto A. Tokunaga, and Toru Hagiwara(2009), “An experimental study on the luminous intensity required for LED roadway delineators in foggy conditions”, *Transportation Research Record*.

Nicholas P. Skinner, and John D. Bullough(2009), "Effects of roadway delineator spacing, size, and Height on drivers' perception and behavior", *presented at the transportiaion research board 88th annual meeting*, January 11-15, 2009, Washington, DC.

Paul J. Carlson, Elisabeth R. Rose, and Susan T. Chrysler, "Research recommendations for delineator and chevron applications", *Texas transportation institute*.

Susan T. Chrysler, Paul J. Carlson, Alicia A. Williams(2005), "Simplifying delineator applications for horizontal curves", *Transportation Research Record*.

Yasuhiko Kajiya, Yoshifumi Fukuzawa, and Keishi Ishimoto, "Field test results of intelligent delineator system, Hokkaide development bureau", *civil engineering research institute*, Japan.

접 수 일 : 2009. 9. 16

심 사 일 : 2009. 9. 17

심사완료일 : 2010. 2. 11