

기하구조 및 기상조건에 따른 교통류 행태 변화에 대한 연구

양충현, 손영태, 김영호, 김영춘

I. 서론

도로는 운전자에게 매우 다양하고 또한 물리적으로 제한된 주행환경을 제공한다. 도로 설계 시 가장 먼저 고려해야 될 부분은 도로의 기하구조 조건임에도 이에 따른 운전자 행태 연구가 현재까지 충분하게 수행되어 있지 않고 있다.

도로 주행 시 운전자의 운전 행태에 직접적인 영향을 미치는 요소 중 교통시스템 내부요소로는 진입 램프, 도로 구배구간, 터널, 지하도로, 곡선구간 등과 같은 도로의 물리적 환경과 도로 주변의 소음 방지 벽과 옹벽과 같은 도로 시설물 조건 등이 있다. 또한, 공사구간이나 사고다발 지점과 같이 임시적으로 교통시스템의 환경이 변하는 구간도 있음. 특히, 급 곡선구간이나 구배가 갑자기 변하는 구간에서는 운전자의 행태 변화로 인한 교통 흐름의 변화와 안전 위험 증가와 관련된 부정적인 영향들을 발생 시킬 수 있다.

교통 시스템의 외부요소로는 눈, 비, 안개 등과 같은 기상조건 등을 고려할 수 있고 이는 직관적으로 이러한 외부요소들이 운전자의 운전 행태에 많은 영향을 줄 것으로 예측되나, 이러한 행태를 정확하게 예측하고 측정하기 위한 자료의 부재와 이들에 대한 정량화의 어려움으로 인해 기상조건과 운전행태 사이의 명확한 관계가 설정 되어 있지 않다.

운전자의 운전 행태에 영향을 미치는 교통 시스템의 내부 및 외부 요소들에 대한 기존 연구 고찰과 시사점등을 통해 교통 흐름 묘사를 위한 미시적

양충현 : 명지대학교 산학협력단 공학박사, chyang231@gmail.com, 직장전화:031-338-6504, 직장팩스:031-336-2885

손영태 : 명지대학교 교통공학과 교수, son@mju.ac.kr, 직장전화:031-330-6504, 직장팩스:031-336-2885

김영호 : 한국교통연구원 책임연구원, ykim@koti.re.kr, 직장전화:031-910-3131, 직장팩스:031-910-3235

김영춘 : 한국교통연구원 연구원, kimyc80@koti.re.kr, 직장전화:031-910-3279, 직장팩스:031-910-3235

simulator 개발 시 이러한 영향들을 실제적으로 또는 효과적으로 표현하기 위해 반영해야 할 점들은 무엇인지 검토하는 것이 필요하다. 이를 위해 도로선형 (곡선구간) 및 터널구간을 포함하는 기하구조 조건이 운전자 행태에 미치는 영향에 대한 고찰과 기상상황 (눈, 비, 안개) 등이 운전자 행태에 미치는 영향에 대한 고찰에 초점을 맞추었다.

II. 본론

• 기하구조 조건에 따른 운전자 행태 변화에 관한 연구

〈표 1〉은 기존 연구에서 도로 기하구조에 대한 운전 특성에 대한 연구내용을 정리한 것으로써, 이러한 연구들이 수행되어온 가장 큰 이유로는 도로의 기하구조 특성은 운전자 행태를 영향을 미칠 뿐만 아니라 행태를 결정하는 중요한 요인이기 때문이다.

〈표 1〉 기하구조 조건에 따른 연구 관련 정리

연구자 (연도)	연구 내용
Forbes (1958)	터널 안에서의 서로 다른 구배조합이 운전자에 미치는 영향을 측정하였음
Admundsen (1992)	터널 길이에 따른 운전자 반응에 대한 설문조사를 시행하였음
Cristensen (1993)	터널 길이가 운전자의 심리적 반응에 미치는 영향 조사
Kanelladidis (1995)	도로의 곡선구간에서 운전자들의 속도 선택에 영향을 미치는 요소들을 파악하기 위해 설문조사를 시행하였음
신용균 외 (1996)	곡선(좌/우 곡선)구간에 대한 다른 차량 속도 변화를 측정하였음
Akamatsu 외 (2003)	터널구간에서의 운전자 행태 변화 측정
도철용 (2005)	차량 시뮬레이터 및 안구운동 측정기를 이용하여 도로 기하구조 변화에 따라 운전자가 느끼는 안전성의 상관성을 규명하였음

위 연구에 근거하여 운전자가 터널을 주행 할 때에는 터널 안의 조도, 곡선반경, 구배, 직선도로의 길이 등이 운전자의 행태에 영향을 주는 주요 요

인으로 고려될 수 있다. 이와 관련된 연구로는 Mori, Iida, Kim (2000)이 수행한 터널 입구 디자인에 대한 평가 연구가 있다. 이는 터널 입구부 속도 저하 현상의 원인을 규명하기 위해 차량 시뮬레이터를 이용하여 주행속도, 액셀러레이터 사용량, 운전자 심박수, 운전자 안구운동 등을 측정항목으로 설정하여, 운전자 시야 주시점을 분석하였다. 분석 결과 면벽식 터널 입구에 비해 다른 터널입구에서 터널암부의 주시율이 증가하는 이유는 진행방향에 주의가 집중되어 운전자의 불안감이 감소된다고 추측하였기 때문이다.

터널에서의 운전자 행태에 대한 초기 연구로써는, Forbes 연구 (1958)가 수행한 터널 안에서 서로 다른 구배와 곡선 조합이 있을 때 이에 대한 운전자의 영향을 측정된 것이 있다. 이 연구의 실험 결과, 차두시간과 운전자 지연 (lag)의 변동은 이론적으로나 실제적으로 터널에 대한 교통류 차이를 설명하는데 중요한 시사점을 제공하고 있음을 확인하였다.

특히, 터널구간은 일반도로 구간과는 차별되는 특이한 조건을 가지고 있다. Admundsen (1992)의 설문조사 연구에서 터널 길이가 증가 할수록 운전자에 미치는 부정적인 영향이 커지는 것을 확인하였다. 또한 1993년 Cristensen 등의 추가 연구에서, 터널 길이가 운전자의 심리적 반응 (두려움)의 정도에 많은 영향을 미치는 결과를 도출하였고, 결과적으로 이는 교통흐름의 안정성이나 안전에 대해 중요한 시사점을 제공하였다. 앞서 언급한 것과 같이, 도로 기하구조 조건 중 운전자에 큰 영향을 미치는 요소 중 곡선 구간을 고려할 수 있다. 만약 운전자가 곡선 구간의 곡선 반경이 적은 구간에서 과속으로 주행할 때는 사고 위험성은 상대적으로 높아질 수 있다.

또 다른 기하구조 특징으로 고려될 수 있는 곡선 구간에서의 운전자 행태는 직선구간의 주행과 비교해서 명백하게 차이가 날 것으로 판단된다. 종단 구배가 심한 오르막구간이 전체 도로 구간에 차지하는 비율이 높거나 구배의 변동이 잦은 구간에서는 차량들 간의 속도 차로 인한 사고 위험성이 증가 할 가능성이 높을 것으로 판단된다. 오랜 시간동안 직선구간을 주행 할 경우, 운전자의 심리적 지루함으로 인해 졸음을 유발 할 수도 있고 이는 주행 시 운전자 뇌파검사 연구에서 어느 정도 검증되어 왔다. 이와 같이 도로의 기하구조 특성은 운전자 행태 결정뿐만 아니라, 주행 중인 운전자에게 영향을 미칠 수 있는 요인 중 하나이다. 그러나 현재까지 도로기하구조와

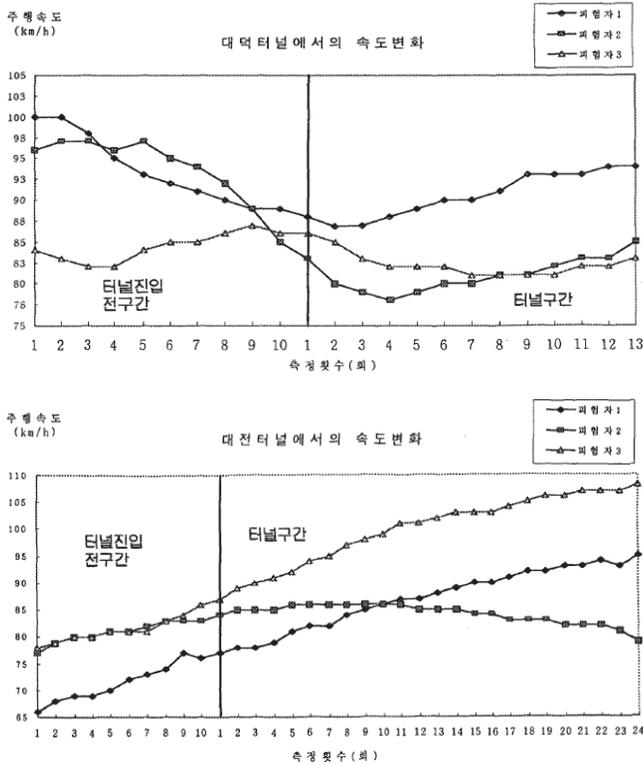
운전행태와의 관계에 대한 객관적인 관계에 대한 정의는 거의 이루어지지 않고 있다.

도로의 기하구조 특성에 따른 운전자 행태를 객관적으로 검증하는 작업이 선행되어야 하고, 이를 바탕으로 각 구간이나 도로 선형별로 운전자 행태에 대한 일반적인 행태묘사가 정의되는 것이 필요하다.

1. 터널구간

터널과 관련한 국내 연구는 “고속도로 기하구조가 운전자 행동에 미치는 영향”과 “고속도로 터널 구간에서의 운전자 시각행태에 관한 연구”, 그리고 “감성공학을 이용한 도로의 복합선형구간 인지 실험에 관한 연구” 등이 있다. “고속도로 터널 구간에서의 운전자 시각행태에 관한 연구”에서는 고속도로 터널 내에서의 운전자 시각행태에 대해 피실험자 3명을 대상으로 조사를 수행하였다. 이 연구에서 동체속도변화는 차량의 주행속도, 주시영역들을 이용해 분석하였고, 이를 통해 터널 내부와 외부에서의 운전자 시각행태가 통계적으로 유의하지 않더라도 차이가 있음을 증명하였다. “감성공학을 이용한 도로의 복합선형구간 인지 실험에 관한 연구”에서는 운전자가 고속도로 복합선형구간에서 느끼는 도로안전성 요인을 알아보기 위해 컴퓨터 그래픽과 설문조사 병행을 통해 도로 기하구조 변화에 따른 운전자의 안정선 변화를 파악하였고 또한, 안구측정기를 사용하여 복합선형구간에서의 운전자 시선변화를 연구하였다.

이는 운전 중에 필요한 정보 중 약 90%이상이 시각정보에 의존함으로써 운전자의 시각행태를 파악하는 것은 매우 중요한 의미를 갖고 있고, 이에 대한 이유를 규명하기 위해 국내 중부 4 터널을 대상으로 하여 터널구간에서의 운전자 시각행태 변화 동향과 이러한 운전자 시각행태 변화를 파악하는데 주목적을 두었다. “고속도로 기하구조가 운전자 행동에 미치는 영향”의 연구에서는 경부고속도로 대덕터널과 대전터널, 2가지 터널에 대한 주행실험을 통해 터널 진입 전 도로 환경과 터널 내의 환경에 따른 주행속도 및 브레이크 사용 정도를 포함하는 운전자 반응을 평가하였다. 본 연구에서는 서로 다른 두 개의 터널과 3명의 피실험자를 대상으로 주행 실험을 수행하였다.



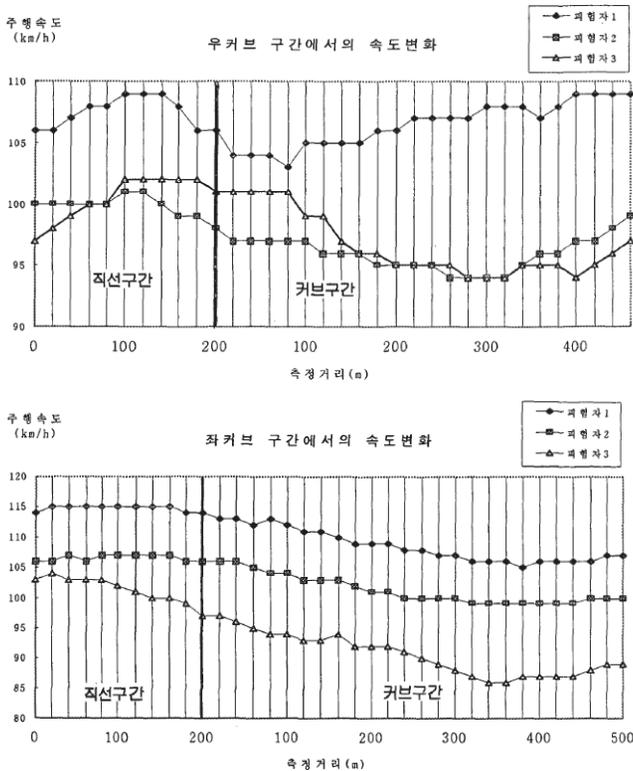
〈그림 1〉 터널에서의 피실험자 주행속도 변화

〈그림 1〉의 오른쪽 그림에서, 운전자의 주행 속도는 피험자 1과 2의 경우, 터널 진입 전의 속도패턴이 유사 하게 나타난 반면, 피험자 2와 3은 터널 진입 후에 유사한 속도추세를 나타내고 있고, 피험자간의 주행 속도편차는 다소 높은 편이지만, 피험자 모두 터널구간 진입 후부터 감소추세를 보이다가 터널 중간지점을 지나면서 완만한 속도의 상승곡선을 나타내고 있다.

〈그림 1〉의 왼쪽그림에서 보면 피험자 2를 제외하고는 터널 진입 전부터 지속적인 속도 증가 추세를 보이고 있는 점이 특징으로 고려될 수 있다. 이러한 결과가 나온 이유는 대전터널의 특성상 200m의 터널 진입 전구간이 곡선 반경이 매우 적은 좌곡선과 오르막구간으로 구성 되어 있어 운전자가 원하는 속도를 낼 수 없었던 것으로 추정된다. 따라서 터널 내에서의 주행 속도가 상대적으로 높게 나타난 것이다.

2. 곡선구간

“고속도로 기하구조가 운전자 행동에 미치는 영향 (1996)”에서 곡선구간에 대한 운전자 행태 변화를 마찬가지로 실험을 통해 분석하였다. 곡선구간에서의 운전자 행태 분석을 위해 본 연구에서는 특정 고속도로 구간(경부고속도로 옥I/C-금강I/C간 상행선)을 선정하였다. 이 구간은 곡선반경이 비교적 명확하고 교통량에 의한 주행영향이 적은 구간이다.



〈그림 2〉 우곡선과 좌곡선에서의 피실험자 주행속도 변화

〈그림 2〉의 우곡선 구간에서의 피험자 2와 3의 속도변화 추세가 유사한 반면 피험자 1의 경우는 다소 상이한 추세를 보이는데 다른 2명의 피험자에 비교했을 때 주행속도가 높은 편이다. 직선구간에서 곡선구간에 진입하

기까지의 속도변화는 대체로 일정한 추세를 보이고 있다. 직선구간 초반 100m 지점까지 속도가 증가하는 경향을 보이고, 곡선구간 진입 지점을 지나서 피험자 2와3은 곡선부의 약 300m 지점까지 지속적인 속도감소를, 그리고 피험자 1은 완만한 속도의 증가추세를 나타내고 있다.

좌곡선 구간에서는 피험자별로 일정한 수준의 속도편차를 유지하고 있고, 피험자 간에 속도의 역전이 전혀 발생하지 않은 점이 특징이다. 피험자 1과 2의 경우 직선구간에서는 일정 속도를 유지하고 있고 3명의 피험자 모두 곡선구간에 접어들면서 속도하강곡선을 그리다가 후반부에 접어들면서 다시 완만한 속도상승이 이루어지고 있다.

이 밖에도 Kanelladidis (1995)의 연구에서, 도로의 곡선구간에서의 속도에 대한 운전자의 선택에 영향을 미치는 요소들을 파악하기 위한 설문 조사를 실시하였다. 총 14개 항목에 대해 207명의 그리스 운전자들을 대상으로 하였음 이는 제한 속도에 순응한 운전자와 위반한 운전자로 구분하여 각각을 비교하였다. 운전자의 평가 그리고 통계기법인 요인분석 결과들은 도로 설계 변수 (특히, 시거)는 곡선구간에서 운전자의 속도 선택에 가장 중요한 결정요소가 된다고 결론지었다. 즉, 만약 더 낮은 속도 유지를 목적으로 한다면, 속도 제한 표지 보다는 선형을 개량하는 것이 더욱 효과적이다. 운전자의 속도 선택에 영향을 미치는 주요 요소로는 시거 외에도 도로 포장상태, 곡선을 등이 있다.

• 기상 조건에 따른 운전자 행태 변화에 관한 연구

기상조건은 일반적으로 운전자 행태 및 도로 상태에 부정적 영향을 미치고, 기상조건이 운전자에 미치는 영향은 다시, 교통 운영에 미치는 영향과 직접적으로 관련된다. 다시 말하면, 기상조건에 따른 교통속도, 교통량, 밀도, 그리고 다른 거시적 지표간의 관계가 어떻게 정립되어져 왔는가에 대한 고찰이 필요하다.

FHWA (1997)의 연구에서, 기상 조건에 따른 고속도로 행태 별로 경제적 영향을 조사하였다. 이 연구에서 속도 감소 백분율과 도로 기상조건 사이의 직접적인 관계를 규명하였고, 그 결과에 따르면 고속도로 행태 별로 속도 감소 백분율은 13-42%까지의 범위를 가지며, 이러한 범위는 기상조건에 달려 있다.

〈표 2〉 기상 조건에 따른 연구 관련 정리

연구자 (연도)	연구 내용
Ibrahim and Hall (1994)	강수량에 따른 운영속도 및 관측 교통량의 변화를 조사하였음
Brilon and Ponzlet (1995)	독일 아우토반을 대상으로 안개 시 용량변화를 측정하였음
FHWA (1997)	기상조건에 따른 고속도로 형태 별로 경제적 영향을 조사하였음
US HCM (2000)	기상조건에 따른 교통류 행태에 대해 간략하게 묘사하였음
Zhang (2004)	설문조사를 통해 우천 시 운전자들의 속도 감소 행태에 대한 조사를 실시하였음
Tom Maze (2005)	고속도로 검지기 자료를 이용하여 눈이나 비가 올때 도로 용량과 운영속도의 변화를 관측, 분석하였음
백승걸 (2008)	기상조건이 고속도로 통행특성에 미치는 영향을 분석하였음
FHWA (2006)	기상조건에 따른 교통류 묘사가 가능한 시뮬레이션 모형을 개발 중에 있음

〈표 3〉은 다양한 기상 조건에 대한 평균 퍼센트 속도 감소를 나타낸다.

〈표 3〉 기상조건에 따른 속도 감소

기상조건	운영 속도 감소 %
Dry	0
Wet	0
Wet and snowy	13
Wet and Slushy	22
Slushy in wheel paths	30
Snowy and sticky	35

자료 : FHWA, 1977

〈표 3〉에서 분류한 총 6가지 기상조건은 운전환경과 운전자의 운전 능력을 변화 시켜 교통 시스템 운영에 영향을 미친다고 판단할 수 있다. 이 때 운전자들은 기상조건에 따라 구체적으로 대응하여 차두시간 (headway)와 속도 (target speed)를 보정한다고 알려져 있다. 기상 조건에 대한 이러한 운전자들의 개별적인 반응은 반대로 전반적인 시스템에 직접적으로 영향을 미친다. (차두거리를 증가시키고, 가속율과 속도를 저하시키고, 도로 상태

에 대해서는 도로면과 자동차 타이어 간의 마찰 정도를 약화시켜, 정지거리 증가 및 운전자의 차량 작동능력을 저하시킴)

위와 비슷한 결과의 예로, Perrin and Martin (2000)은 겨울철에 미국 유타 지역에서 2개 교차로를 분석하였다. 14일에 걸쳐 30 시간동안의 속도, 교통류율, 그리고 출발 손실 지체 자료들을 수집하였다.

〈표 4〉 유타에서 조사된 교통 영향

기상조건	운영 속도 감소 %	교통류율 감소 %
Dry	0	0
Wet	10	6
Wet and snowy	13	11
Wet and Slushy	25	18
Slushy in wheel paths	30	18
Snowy and sticky	36	20

자료 : 유타 DOT

자유류 속도와 포화 교통류율은 감소하는 것을 관측되었고, 눈과 slush의 쌓임 현상은 차량의 성능을 매우 크게 떨어뜨리는 것으로 나타났음 출발 손실 지체 또한, 도로 표면이 젖었거나 눈이 덮였을 도로조건이 양호했을 때와 비교해서 각각 5%, 그리고 23% 크게 발생하는 것으로 조사되었다.

1. 비

널리 알려진 대로, 비는 도로, 차량, 그리고 운전자에 매우 큰 영향을 미친다. 도로에 대한 강우(비)의 주요한 영향은 도로표면과 타이어 바닥 사이의 마찰 감소이다.

차량의 앞 유리는 우천 시 운전자 시야를 급격히 감소시키는데 이는 앞 유리의 얼룩과 다른 차량으로부터 튀는 물방울 등은 앞 유리의 더러움을 증가시켜 시야 방해를 악화시키기 때문이다. 따라서 운전자들은 차량들 간의 간격을 되도록 길게 유지하려고 하고 더 긴 정지시거 확보, 감소된 식별능력, 더 긴 인지시간을 확보하기 위해 더 낮은 속도로 주행하는 경향이 있다.

US-HCM (2000)에서는 열악한 기상조건은 용량과 운영속도를 크게 감

소시킨다고 기술하고 있고, 언제, 그리고 어떻게 이러한 영향들을 설명하는가에 대한 문제들을 다루고 있다. 여기서는 기상조건의 영향과 관련한 몇 가지 연구들을 참조하고 있는데, Lamm et al (1990)의 연구에서 운전자의 시야가 비로 인해 영향을 받을 때까지 젖은 도로표면은 속도에 영향을 미치지 않는다고 결론지었다. 즉 강우량이 적은 경우는 운영속도에 영향을 미치지 않지만, 강우량이 많은 경우는 영향을 미치고 교통류에 주목할 만한 영향을 가질 것으로 기대할 수 있다.

〈표 5〉 용량에 대한 비의 영향 결과 요약

연구자	Ibrahim and hall	Brilon and ponzlet	Smith	Prevedouros and Chang
장소	토론토, 캐나다	독일	버지니아, 미국	호놀룰루, 하와이
연도	1994	1995	2004	2004
light rain	-	12-47%	4-10%	8.3%
heavy rain	14-15%	12-47%	25-30%	8.3%

Prevedouros의 연구를 제외하곤, 강우량의 정도에 따른 도로 용량 감소폭은 연구 지역이 다름에도 분명한 차이를 보이고 있다. 앞서 기술한 것과 같이 비는 도로 용량 뿐만 아니라, 운영속도에도 영향을 미치고, 이에 대한 대표적인 연구가 진행되었다. 특히, 고속도로 속도와 용량에 대한 조사 결과를 〈표 6〉과 같다.

〈표 6〉 속도에 대한 비의 영향 요약

연구자	Ibrahim and hall	Kyte	Smith
장소	토론토, 캐나다	미국, 아이다호	버지니아, 미국
연도	1994	2001	2004
light rain	1.9-12.9 km/hr	9.5 km/hr	3-5%
heavy rain	14.8-16.1 km/hr	9.5 km/hr	3-5%

도로용량과는 달리, Ibrahim과 hall의 연구를 제외하고, 강우량 정도에 따른 운영 속도 감소가 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 눈

Tom Maze et. al (2005)연구에서 눈에 대한 구분은 양에 따라 총 5가지(0, 0.05 이하, 0.06-0.1, 0.11-0.5, 그리고 0.5인치/시) 로 설정하였고 각각의 적설량 구분에 대해 50,000, 900, 550, 300 그리고 125 개의 자료를 사용하였다. 연구 결과 각 적설량 구분에 대해 3-5%, 6-11%, 그리고 7-13%의 감소 추세를 보이고 있다. 이는 USHCM (2000)에서는 적설량이 0.06-0.1인치/시간일 때, 용량이 5-10% 감소한다고 제시하고 있는 것과 약간 차이가 난다.

속도 감소에 있어서는 3-7%, 7-9%, 그리고 8-10%를 각각 나타내고 있고, 이는 비와 마찬가지로, 강설량이 적은 경우(light snow), 교통 시스템에 미치는 영향은 미비한 것으로 밝혀졌다. Light snow는 최대 관측 교통량의 약 5-10% 감소를 유발하고, 강설량이 많은 경우 (heavy snow)의 경우, 용량의 30% 감소를 유발함. 눈의 쌓임 현상은 훨씬 더 긴 차두시간을 운전자에게 요구한다. 강설량은 강우량과는 달리 4가지로 범위로 구분하였다. (0, 0.01 이하, 0.01-0.25, 그리고 0.25 인치/시간 이상)

연구자들은 매 폭설이 올 때 마다 시간당 교통량을 측정하였고, 그 결과를 동일한 요일/시간/계절의 형태로 기상조건이 양호할 때의 시간당 교통량과 비교하였다. 그것으로부터, 시간당 감소 요소가 산출되었고, <표 7>과 같이 분류되었다.

<표 7> 교통량에 대한 폭설의 영향

강설	주중 (교통량 감소 범위)	주말 (교통량 감소 범위)
< 25mm	7-17%	19-31%
25-75 mm	11-25%	30-41%
75-150 mm	18-34%	39-47%

연구자들은 총 강설이 증가함에 따라 교통량이 감소하지만, 그러한 감소추이는 주중 침두시가 주말 침두시에 비해 더 적다는 것을 알 수 있고, 이는 대부분의 주중 통행의 식별하기 어려운 특성에 기인 된 것이라고 결론지었다.

3. 안개

US-HCM (2000)에서는 용량에 대한 안개의 영향을 정량화한 연구는 없다고 보고하고 있으나, 유럽지역에 대한 몇몇 연구에서 안개경보체계의 효과에 대해 조사한 내용은 있으나, 안개에 의해 속도나 용량이 얼마나 영향을 받는가에 대한 연구는 없다. 1995년 Brilon and Ponzlet의 연구에서 독일에 있는 15개 아우토반에서 용량변화와 환경적인 조건의 영향을 조사하였다.

〈표 8〉 안개가 도로용량에 미치는 영향

차로수	주중/ 주말	어둡고 건조함	낮시간 젖음	어둡고 젖음
6-차로	주중	13%	12%	38%
6-차로	주말	21%	27%	No value
4-차로	주중	19%	18%	47%
4-차로	주말	25%	29%	No value

자료 : Brilon and Ponzlet, 1995

안개가 도로에 미치는 영향을 조사하기 위해 먼저, 아우토반의 차로수를 기준으로 요일, 도로상태, 낮과 밤으로 구분하였음 연구 결과 4차로구간이며, 어둡고 도로포장상태가 젖었을 때 가장 많은 용량 감소 행태가 관측되었다. 이 연구결과에서, 만약 겨울철에 침두시가 주로 어두울 때 발생한다면, 이러한 도로 용량 감소는 인지되어야 하며, 이에 관한 더 깊이 있는 연구가 필요할 것이다.

이러한 연구 결과를 다른 지역에 바로 적용할 수는 없으나, 안개 또한 비와 눈과 마찬가지로 운전자 행태 변화를 통해 교통 시스템 운영 효과를 감소시킨다는 추측을 가능하게 한다. 결과적으로 이러한 연구 결과는 열악한 기상조건의 효과를 모형화하고 연속류 시설의 특정 구간에 대한 기대되는 교통 성능을 평가하기 위해 속도-교통량 곡선을 이용함으로써, HCM 방법과 통합할 수 있다.

III. 결론

기하구조특성에 중 터널구간에서의 운전자 행태에 영향을 주는 요소로는

터널 구간안의 구배 (상향과 하향), 차량 간 상호작용 (저속차량이 선두차량일 경우), 그리고 터널 내에서의 도로 선형 등이 있다. 터널 구간안의 구배가 0 이고 선형이 직선인 경우에는 일반적으로 운전자가 터널 중간지점을 통과하면서 속도를 증가시키는 경향이 있는데, 이는 터널 구간을 신속하게 빠져나오고 싶어 하는 운전자의 심리가 반영된 것으로 많은 연구에서 추정하고 있다. 따라서 터널 구간에서의 운전자 행태 묘사를 위해서는 이와 같은 점을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

운전자가 터널에 진입할 때 터널 내 구간이 직선인 경우, 정신적인 긴장감이 상대적으로 높은 것으로 연구되고 있는데 이러한 이유는 운전자 입장에서 한정된 터널 입구로 들어갈 때 느끼는 심리적 압박감에서 나온 것으로 추정되고, 이와 같은 심리적 압박감은 차량의 터널 진입속도는 물론이고, 선행차량과의 차두거리에도 영향을 미칠 것으로 추정된다.

터널 구간안의 구배가 상향으로 구성되어 있고 도로 선형이 직선인 경우에는 그들의 속도를 유지하기 위해 터널 구간 진입 전부터 차량들은 속도를 증가시키는 경향이 있다. 터널 내에서의 차량 간 상호 작용은 일반적인 도로구간에 비해 주목해야 할 상이점이 있는데 예를 들어 후속차량의 주행속도는 선행차량의 주행속도에 영향을 받는 것은 일반적인 교통흐름과 비슷한 경향이지만, 차량 간의 간격(차두거리)은 상대적으로 더 큰 경향이 있다는 것이다.

곡선구간에서의 운전자 행태의 가장 큰 특징은 일반적으로 곡선구간 주행 시 후속차량이 선행차량을 잘 추월하지 않는 점이다. 이는 운전자 행태를 고려한 교통류 모형 개발 시 유의해야 될 사항으로 직선구간에서는 선행차량 보다 후속차량의 속도가 일정 부분 클 경우, 차로 변경을 하도록 설정되는 것이 일반적이나, 이러한 원칙을 곡선구간에 동일하게 적용할 경우 실제적인 행태묘사가 잘 이루어 지지 않을 가능성이 있다.

기상조건은 주행 중 운전자의 결정에 직접적인 영향을 미치기 때문에 운전자 행태는 교통류를 묘사하는 데 있어서 매우 중요하다. 기상조건이 악화될수록 운전자 행태는 기상조건이 정상상태일 때와 비교하여 매우 달라질 것으로 추정된다.

백승걸, 김범진, 임용택 (2008) 연구에서 기상조건 고속도로 통행특성에

미치는 영향을 분석하였다. 본 연구에서는 우천일의 통행량 및 통행거리는 정상상태일 때와 비가 올 때 감소한다는 것을 확인했으며 강우량에 따른 통행량의 차이는 크지 않다는 것을 제시하였다. 기존 연구에서는 이러한 기상조건 변화 시 통행특성 변화를 무시하고, 최종결과인 구간교통특성만 분석하였으나, 이 연구에서는 강우 시 통행량 및 통행거리 등 통행특성을 4가지 사항으로 구분하여 분석하였다. 먼저 비가 온 날은 비가 오지 않은 날에 비해 전체적인 통행량은 감소하였다. 1종 승용차의 경우 출퇴근 및 업무통행 등 필수통행의 비율이 상대적으로 높아 비가 올 때 통행량 감소폭이 화물차보다 적은 것으로 나타났다. 비가 온 날은 비가 오지 않은 날에 비해 총주행거리는 감소하였다. 1종의 경우 -9.4%로 전체 차종 감소폭이 가장 크게 산출되었고, 평균통행거리는 1종은 감소한 반면, 2-5종 화물차는 증가하였다.

비가 올 때에 주말과 평일의 차종별 통행 특성 차이가 확인되었다. 평일 강우 시 1종 차량들은 통행량 감소율에 비해 총 통행거리의 감소율이 더 크며, 2-5종은 1종 차량 통행량보다 통행량 감소나 총 통행거리 감소폭이 작았다. 강우 수준 별 통행량의 차이는 크지 않았는데 이는 통행량에 대해 모형식으로 분석한 결과, 주말을 제외한 평일 (월-금) 통행량의 경우, 전체 통행량자료를 이용한 경우보다 설명력이 높았다.

기존에 수행되었던 많은 설문조사와 관측연구들은 운전자들이 열악한 기상조건과 관련된 위험에 대해 실제적으로 행태에 변화가 있음을 지적했으나 운전자들이 얼마만큼이나 그들의 행태를 수정하는지, 그러한 수정은 관련된 위험 수준을 반영하지 못하고 있는 실정이다.

참고문헌

1. 신용균 · 이건호 · 강수철(1999), 고속도로 기하구조가 운전자 운전행동에 미치는 영향, 도로교통안전협회.
2. 백승걸 · 김법진 · 임용택(2008), 강우와 고속도로 통행특성의 관계 연구, 대한교통학회지, 제26권 제3호, 대한교통학회, pp.119~128.
3. 김주현(2000), 고속도로 터널 구간에서의 운전자 시각행태 변화에 관한 연구, 대한토목학회 vol. 20, Issue, 90D.

4. Forbes, T.W, Zaqorski, H, J, Holshouser, E.L. Deterline, W, A. (1958) Measurement of Driver Reactions to Tunnel Conditions, Transportation Research Board Business Office.
5. Manish Agarwal, Tom Maze, Reginald Souleyrette, (2005) Impact of Weather on Urban Freeway Traffic Flow Characteristics and Facility Capacity, Aurora Iowa State University.
6. Smith B. L. and J.M. Ulmer (2003) Freeway traffic flow measurement: investigation into impact of measurement time interval. Journal of Transportation Engineering, pp.223~229.
7. Kanellaidis (1995) Factors Affecting Drivers' Choice of Speed on Roadway Curves. Journal of Safety Research, Vol. 26. No.1. pp.49~56.
8. Lamm, R., Choueiri, E.M., Mailaender, T.(1990) Comparison of Operating Speeds on Dry and Wet Pavements of Two-Lane Rural Highways, Transportation Research Record 1280.
9. Zhang, L. & Prevedouros, P. Motorist Perceptions on the Impact of Rainy Conditions on Driver Behavior and Accident Risk, University of Hawaii at Manoa, presented at the 2005 TRB Annual Meeting.
10. George Kanellaidis (1995), "Factors affecting driver's choice of speed on roadway curves. Journal of Safety Research", Vol.26. No.1, pp 49~56.
11. Amundsen, F.H., (1992) Driver-Behaviour in Norwegian Road Tunnels, Toward a Deeper Understanding. Directorate of Public Roads, Oslo.
12. Transportation Research Board, (2000) Highway Capacity Manual
13. Ibrahim, A.T and F. L. Hall, (1994) Effect of Adverse Weather Conditions on Speed-Flow Occupancy Relationships, Transportation Research Record 1457,TRB, National Research Council, Washington D.C.
14. Smith, B.L et al, (2004) An Investigation into the Impact of Rainfall on Freeway Traffic Flow, Transportation Research Board, Washington, D.C.
15. FHWA (2006) Empirical Studies on Traffic Flow in Inclement Weather.
16. Colyar, J., L. Zhang, and J, Halkias (2003), Identifying and Assessing

Key Weather-Related Parameters and their Impact on Traffic Operations Using Simulation, ITE 2003 Annual Meeting, Institute of Transportation Engineers, Washington D.C.

17. Sterzin, E.D (2004) Modeling Influencing Factors in a Microscopic Traffic Simulator, Masters Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.



양충현



손영태



김영호



김영춘