

# 고속도로 교통량 자료 기반의 안개발생시 속도 관리 방안

정도영<sup>1</sup>, 김형규<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국건설기술연구원 도로교통연구본부, <sup>2</sup>한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

## Speed management when fog occurs based on expressway traffic volume data

Doyoung Jung<sup>1</sup>, Hyungkyu Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Highway and Transportation Research,  
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology,

<sup>2</sup>Department of Future and Smart Construction Research,  
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**요약** 도로 상에 안개 발생시, 시정거리 감소에 의해 차량간 속도편차가 증가한다. 속도편차 증가는 교통사고 및 심각도가 증가로 이어지기 때문에 제한속도를 하향하여 주행안전성을 확보하고자 하고 있다. 본 연구에서는 3년간 실측 주행자료, 기상자료, 사고자료를 분석하여 안개발생시 운전자 시정거리에 따른 주행실태 및 교통사고 발생비율 등을 도출하였다. 정량화된 자료를 기반으로 국내의 안개발생시 속도관리 기법을 비교분석하여 시정거리 제약 조건에서의 속도관리 방안을 제시한다. 분석결과, 시정거리별 속도편차가 증가하는 구간을 2단계로 구분할 수 있다. 1단계 시정거리 151~1,000m 등급이며, 속도편차가 약 14km/h에서 16km/h로 증가한다. 2단계 시정거리 150m 이하의 경우 속도편차가 약 20km/h이상으로 증가한다. 정량적 분석결과를 기반으로 안개발생시 제한속도 기준을 고려하면, 안개 경계 수준인 제한속도 50% 감속 기준을 기존 시정거리 100m에서 150m로 강화하고, 안개 주의 수준인 20% 감속 기준을 시정거리 250m에서 1,000m로 강화할 것을 제안한다. 제한속도 감속기준의 강화는 교통운영측면에서 통행 효율을 감소시킬 수 있으나, 운전자들의 안전을 고려한다면, 현행 기준을 강화시키는 것을 고려해야 한다. 시설적인 측면에서도 가변속도제한 시스템과 지점/구간 단속시스템을 확대할 경우 안개발생시 운전자들의 주행속도를 안전하게 관리할 수 있을 것이다.

**Abstract** When fog occurs on the road, the speed deviation between vehicles increases as a result of reduced visibility. The increase in speed deviation leads to an increase in traffic accidents and their severity, so the speed limit is lowered for driving safety. In this study, actual driving data, meteorological data, and accident data from a 3-year period were analyzed to derive driving conditions and traffic accident rates according to driver visibility when fog occurs. We present a speed management method that has a visibility distance constraint. As a result of the analysis, sections in which speed deviation increases as a result of visibility distance can be divided into two stages. The first stage has a visibility range of 151-1,000 m, and the speed deviation increases from about 14 km/h to 16 km/h. In stage 2, visibility is less than 150 m, and the speed deviation increases to about 20 km/h or more. Considering the speed limit standard when fog occurs, the current standard of 50% speed-limit deceleration for the fog boundary level should be strengthened to occur at a visibility distance of 150 m instead of 100 m. The current 20% deceleration standard for the fog warning level should be strengthened from a visibility distance of 250 m to 1,000 m.

**Keywords** : Fog, Visibility, Road Speed, Speed Management, Traffic Safety

본 논문은 2021년도 정부(국토교통부) 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임  
(과제번호 21DPSC-C163243-01, 기상환경계현 표준실험절차 개발)

\*Corresponding Author : Hyung-Kyu Kim(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)  
email: hyoungkyukim@kict.re.kr

Received May 26, 2021

Revised June 28, 2021

Accepted August 5, 2021

Published August 31, 2021

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

도로상에 안개가 발생할 경우 시정거리가 감소하게 되며, 그에 따른 차량간의 속도편차 증가와 차간간격이 감소하여 교통사고 발생 위험이 증가한다[1]. 국내 기상관측소 70개소의 1990~2019년까지의 시정거리 200m 이하의 안개 발생일수는 평균 37.7일이다[2]. 최근 5년간 안개 교통사고 치사율은 10.6%로 맑은 날 대비 5배의 높은 심각도와 대형교통사고 야기하고 있다[3].

Table 1. Average number of days of fog at 70 stations in Korea ('90~'19 years)

District Classification	Spring	Summer	Fall	Winter	Total
Inland	7.5	12.5	19.9	5.3	45.2
Coase	7.8	12.9	5.5	2.1	28.3
Average	7.7	12.7	13.5	3.9	37.7

2001년 자유로 35중 추돌사고, 2006년 10월 서해대교 29중 추돌사고, 2017년 영종대교 106중 추돌사고와 같이 안개로 인한 대형교통사고는 주기적으로 발생하고 있으며, 안개발생을 물리적으로 차단/예방할 수 없는 상황에서 도로이용자인 운전자들의 감속운행과 차간거리 유지 등 안전운전과 주의환기만이 최선의 예방대책인 상황이다.

즉, 국내는 안개발상으로 인한 시정거리 제약시 적정 주행속도를 운전자의 임의적 판단에 의존하고 있기 때문에, 이러한 경우 운전자별 주행속도 편차가 발생하고 일부 운전자들의 과속이 발생한다[1]. 안개 등으로 시정거리가 100m이하일 경우 주행속도를 50% 낮추어야한다고 명시되어 있으나[4], 주행 중 시정거리를 명확히 판단하기 어렵기 때문에 동일구간에서 저속차량과 고속차량이 혼재하는 상황이 발생한다.

ITS기술의 발전과 실시간 주행데이터 수집이 가능해지고 있는 시점에서 수집된 데이터를 분석하여 속도관리 방안을 마련할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 안개구간에서 운전자 시거 정도에 따른 차량의 평균속도, 속도편차 등 정량적 주행실태 및 교통사고 발생비율을 도출하고, 국내의 시정거리 제약 조건에서의 속도관리 방안 및 효과에 대한 비교분석하여 주행실태 분석에 기반한 안개구간 속도관리 방안을 마련하고자 한다.

### 1.2 연구의 내용

안개 발생시의 속도관리 방안 마련을 위하여 1차적으로 교통정보 및 사고자료를 수집하였다. 교통정보는 인천 공항공속도로 노오지 관측소 지점의 VDS(Vehicle Detection System, 교통정보수집장치) 정보를 사용하였고, 교통사고자료는 인천 중구지역 의 경찰청 및 보험회사 DB 자료를 활용하였다. 노오지 지점은 강도가 강하고 지속시간이 긴 안개구간으로 시정계가 설치되어 있으며, 측정값 순도 향상을 위해 안개 외의 통행속도 간섭요인을 최소화 하도록 데이터를 구분하였다. 즉, 시간대를 구분하여 명절, 출퇴근 등으로 인한 혼잡시의 주행속도 데이터를 배제하고 최대한 자유속도 주행상황의 속도자료를 활용하였다.

안개 시정거리, 차량 주행속도, 교통사고 데이터 모두 동일하게 3년간 자료를 활용하였는데, 분석 단위가 1분, 30초 등 미시적 분석이 이루어져야 하기 때문에 자료 매칭이 정확히 이루어진 '13~15년까지의 자료를 활용하였다. 일부 항목의 누락이 발생되어 자료별 1대1 매칭이 되지 않아 가장 최근 자료('16년 이후 자료)는 분석에서 제외하였다.

상기 자료를 활용하여 시정거리별 속도분포 변화를 분석하였고 사고자료를 안개발생 시간과 동기화하여 시정거리별 교통사고 빈도 및 심도를 분석함으로써 속도관리의 필요성 및 방법에 대한 정량적 근거를 확보하였다. 또한, 해외 연구 논문 및 보고서를 통한 속도편차 감소의 중요성 및 가변제한속도시스템 등 선진사례를 제시하고 최종적으로 시정거리별 속도관리 기법 적용방안을 제시하였다.

## 2. 관련문헌 고찰

### 2.1 안개의 시정거리 기준

안개의 중요 정량적 지표는 시정거리와 지속시간이며, 이 중 시정거리는 시정거리를 객관적으로 정량화하는 지표이다. 시정거리(Visibility)는 대기 혼탁의 정도를 표시하는 척도로 통상 수평시정을 말하며, 일정 부피의 공기에 포함된 물방울이나 미세먼지의 양을 토대로 계산되어지는 값이며, 시정거리(Visual range)는 정상시력의 사람이 어떤 목표물(주간 검은색, 야간 1,000칸델라 등불)을 인식할 수 있는 최대거리를 의미하며, 일반적으로 시정거리와 동일한 개념으로 통용된다[5].

안개의 시정거리는 기상관측장비인 시정계에 의하여 측정되며, 시정계는 발사부에서 발사된 적외선의 투과된 빛의 양을 감지부에서 측정하는 투과율계 방식과 발사부에서 발사된 적외선의 반사(분산, 산란)되는 빛의 양을 감지부에서 측정하는 전방산란계 방식이 있다. 시정계 관측값과 육안 관측값과 약간의 차이가 발생하나, 본 연구에서는 동일한 것으로 간주하여 분석을 실시하였다.

국내외 동일하게 공기 중 수증기로 인한 시정거리 1km 이하의 상태 발생시 이를 안개라고 지칭하고 있으며, 국제 기준상으로 시정거리 200m 이하의 안개 발생시 이를 짙은 안개(Dense fog)와 농밀한 안개(Thick fog)로 구분하고 있다. 국내의 기준 또한 안개의 강도를 강도 0(약), 강도 1(중), 강도 2(강)의 세 가지로 구분하며, 시정거리 200m 이하의 안개를 안개강도가 가장 높은 상태로 정의한다.

Table 2. International classification of fog according to visibility [5]

Classification	Explanation
≤ 40m	Dense fog
40-200m	Thick fog
200-1,000m	Fog
1-2km	Mist
2-4km	Haze
4-10km	Poor visibility
10-40km	Good visibility
≥ 40km	Excellent visibility

## 2.2 안개발생시 교통사고 현황

경찰청 사고자료[3]를 기반으로 통계분석을 수행한 결과, 안개발생시 사고 100건당 사망자수인 치사율은 10.9명으로 맑은 날(2.2명) 대비 5배 수준으로 기상상황 중

Table 3. Status of traffic accidents by weather( '13~'15)

Weather	Traffic Accident		Fatality Rate
	Num. of Accidents	557,330	
Clear	Num. of Accidents	557,330	2.20%
	Num. of Fatality	12,446	
Cloudy	Num. of Accidents	33,059	3.70%
	Num. of Fatality	1,221	
Rainy	Num. of Accidents	58,211	2.90%
	Num. of Fatality	1,666	
Foggy	Num. of Accidents	1,096	10.60%
	Num. of Fatality	116	
Snow	Num. of Accidents	6,538	2.50%
	Num. of Fatality	166	

가장 높은 수준이다. 연중 안개 발생시간이 매우 짧기 때문에 교통사고 발생건수 중 안개발생일이 차지하는 절대적인 비중은 적어 교통사고 빈도는 낮으나 심각도는 높다고 판단된다.

## 2.3 안개발생시 대형교통사고 발생원인

2001년 경기 고양시 및 파주시 구간에서 차량 100여대가 연쇄 추돌하는 기록적인 교통사고가 발생하였다. 일교차는 10도 안팎이었고 이들 도시의 아침 최저기온은 모두 영하권이어서 수증기가 응결되는 최적의 조건이 형성되었다. 주요 사고원인으로 운전자의 시정거리가 확보되지 않은 상황에서도 주행속도를 줄이지 않고 운전하는 경향이 높기 때문인 것으로 나타났다. 안전거리 확보, 전조등과 안개등 및 비상등을 작동시켜 자신의 차량위치를 상대차량에게 알리고 미등을 주시해 주행하는 운전자들의 주의운전 습관 역시 부족하였다. 특히 유조차량과 같이 교통사고 발생시 대형사고로 이어질 수 있는 위험물 적재 차량에 대한 운행관리에 대한 소홀함도 문제도 지적되었다.

2006년 서해대교 상에서 시정거리 50m미만의 짙은 안개로 인하여 29중 추돌사고 발생하였다. 안개 발생당시 가변전광판(VMS)을 통해 제한속도의 50%이하 감속 정보를 주었으나 승용차 110km/h, 화물차90km/h의 속도로 주행하여 대형사고의 주원인이었다. 안개발생시 교통정보의 안개시설을 통한 운전자의 시인성 증가와 교통사고 후 후속처리에 대한 방안 강구가 요구되는 상황이다. 2020년 서해대교 인근에서 14중 추돌사고가 추가 발생하였으며, 2006년과 동일하게 안개발생시 일부차량의 과속이 주요 원인으로 14년전 사고와 유사한 사고가 재발한 것이다.

안개 발생시에 운전자들은 전방차량과의 거리를 제대로 인식하지 못하고 차간거리가 감소하는 주행특성이 나타나며, 이는 후미추돌사고의 원인이 된다[6].

## 2.4 안개발생시의 주행특성 변화

수도권 내 고속도로 일부 구간과 분석 대상 구간 도로 10km 이내 기상관측소 3개 기상 자료를 1시간 단위로 통합하여 분석하였다. 분석 결과, 시정거리가 짧을수록 속도가 감소하고 속도 감소율의 증가폭도 커지는 것으로 나타났다. 하지만 교통량 수준에 따른 속도 변화는 크게 없는 것으로 분석되었다[7].

미국 플로리다 주 I-4 State road 559와 557 구간에

환경센서 및 교통센서를 설치하고, 시정거리에 따른 교통류 특성에 대해 분석하였다. 교통량이 비슷한 안개 발생일과 미 발생일의 실제 데이터 기반으로 분석한 결과, 시정거리가 짧아지면 평균속도가 감소하고 속도편차는 안개 발생 초기에 변화가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 승용차가 트럭보다 시정거리에 따른 속도편차, 속도 및 차두시간 평균 등의 영향을 더 받는 것으로 분석되었다. 시정거리 수준을 2,000m, 2,000m~300m, 300m 이하 세 가지로 나누어 분석하였으며, 시정거리가 짧을수록 평균 속도 감소 및 차두시간이 증가하는 것으로 나타났다[8].

시정거리 200m 이하에서 속도 감소 특성이 뚜렷하여 시정거리가 짧을수록 속도가 더 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 속도는 시정거리 100~200m인 경우 약 5~15% 감소, 시정거리 100m 이하인 경우 약 10~18% 감소하는 것으로 분석되었다[9].

미국 버지니아에서는 안개발생 날과 맑은 날의 주행특성 비교분석하였다. 시정거리가 짧은 안개의 경우 속도가 10% 감소하고, 시정거리가 먼 안개의 경우 3% 감소한 것으로 나타났다. 또한, 맑은 날씨 조건에서 운전하는 운전자에 비해 안개 근처와 먼 안개를 주행하는 운전자의 속도 감소 확률이 각각 1.31 배와 1.28 배 더 높은 것으로 나타났습니다[10].

가상주행 시뮬레이션을 이용하여 도로 등급에 따라서 안개발생 영향과 충돌 원인을 분석한 결과, 운전자는 안개발생시 시정거리 감소와 함께 속도를 감속하지만, 도로 등급이 높을수록 감소폭은 감소하였다[11].

### 2.5 주행속도 증가시의 사고발생 가능성

운동법칙에 따라 주행속도가 높아질수록 사고발생확률을 증가한다. 주행 중 긴급 상황에 대처 가능한 정지거리는 속도에 비례하기 때문이다. 평균주행속도 3km/h 감소시 사망자 14% 감소, 6km/h 감소시 사망자 41% 감소효과가 있는 것으로 연구되었다[12].

또한, 주행속도 증가시 전체 사고율은 속도의 제곱에 비례하고 사망 사고율은 속도의 네제곱에 비례하는 것으로 제시였다. 평균주행속도 1km/h 증가로 인해 제한속도 120km/h 도로 2%, 50km/h 도로 4%의 사고건수 증가하였다[13].

제한속도 60km/h 도로상에서 10km/h 과속할 경우 혈중알콜농도는 0.08g/dl로 운전할 경우보다 높은 사고위험성 존재한다고 분석하였다[14].

Table 4. Comparison of accident risk between overspeed and drinking (limit speed 60 km/h)

Speed	Risk of Accident	Blood Alcohol Concentration	Risk of accident
60km/h	1.0	0.00%	1..0
65km/h	2.0	0.05%	1.8
70km/h	4.2	0.08%	3.2
75km/h	10.6	0.12%	7.1
80km/h	31.8	0.21%	30.5

안개 발생시 전방차량과의 충돌 시간을 계산하여 사고 위험에 대한 시정거리 감소의 영향을 평가하였다. 그 결과, 운전자는 시정 거리가 감소하여 정지에 필요한 시간과 거리가 증가하여, 사고가 발생하였다[15].

### 2.6 차량간 속도편차에 따른 사고발생 가능성

차량 속도와 교통사고의 관계에 관한 기존 연구자료를 통하여 교통사고의 주요 요인이 속도편차임을 알 수 있다. 다수 연구에서 일정 구간내 개별차량의 주행속도와 평균 주행속도와의 차이가 클수록 높은 사고율을 보인다고 증명하였다[16,17].

또한, 교통사고 사망은 속도 자체보다 속도편차와 더욱 높은 관련성을 보였다[18].

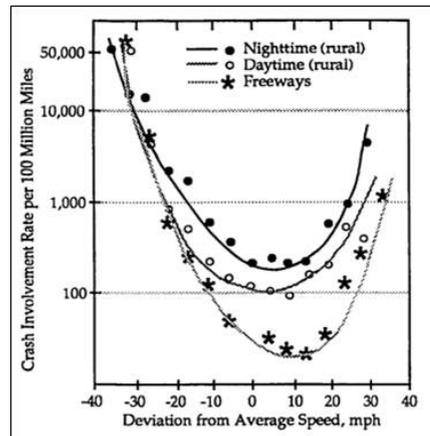


Fig. 1. The Relationship between Speed Deviation and Traffic Accidents[18]

안개로 인한 시정거리가 감소하면 차량간 속도편차가 증가하여 사고확률이 증가한다고 하였다. 강우, 안개, 강풍의 이상기후 조건과 정상상태와의 교통사고를 비교 분석한 결과, 교통사고와 상관관계가 가장 높은 기상 조건은 안개로 나타났다고 하였다[15] 미국 유타주에서는 안

개경고 시스템 분석을 통하여 시정거리가 200m 이하의 안개가 발생하면 차량간 속도편차가 급격히 증가하여 추돌사고 확률이 증가한다고 하였다[19]. 드라이빙 시뮬레이터를 이용하여 안개농도에 따른 운전자의 반응을 분석한 결과에서는 운전자는 안개의 농도가 짙은 경우 운전자는 시인성이 저하되고 전방차량의 속도변화에 둔감하게 만들어 후미추돌사고의 위험이 증가하였다[20].

### 3. 분석방법

#### 3.1 시정거리 200m 이하 안개 발생일자 구분

시정거리 200m 이하 안개 발생일자를 구분하고 안개라 정의된 시정거리 1km 이하의 범위를 7개 등급으로 그룹화하고, 비교군을 1개 설정하여 총 8개 등급으로 구분하였다.

국내외 안개의 강도 구분상 위험 시정거리인 200m 이하를 중점 분석하였다. 대상으로 선정하여 50m단위 4개 등급으로 세분화하여 분석의 정밀도를 증대시켰다. 일반 안개인 시정거리 200m~1km 범위는 3개 등급으로 구분하고, 비교군은 시정거리 1km이상 1개 등급으로 설정하고 혼잡상황은 배제하는 시간대로 분석샘플을 선정하였다.

Table 5. Visibility distance rating

Visibility Rating	1	2	3	4	5	6	7	8
Visibility Distance	≤50m	51-100m	101-150m	151-200m	201-300m	301-500m	501-1,000m	1,000m≤

시정거리 200m 이하의 안개가 발생한 날짜를 분석 대상으로 설정하고, 해당 일에 24시간 동안의 안개자료를 분석하였다. 안개의 발생·소산 특성상 짙은 안개가 발생한 일자에는 옅은 안개도 발생하기 때문에 시간 구분을 통해 시정거리 200~300m, 500~1000m 등의 비교 그룹 생성이 가능하였다. 최근 3년(13~15년)동안 분석 대상 지점에서 시정거리 200m이하의 짙은 안개가 발생한 날짜를 추출하였고, 총 61일간의 분석대상 일자 D/B를 도출하였다.

#### 3.2 안개발생일 시정거리 등급별 발생시간 도출

시정거리 등급별 안개시간 자료는 WIS(Weather

Information System, 기상정보수집장치)에서 수집된 자료를 기반으로 5초 단위로 구분된 지속시간을 활용하여 D/B화하였고, WIS 위치는 인천공항고속도로 STA. 28.96Km에 위치한다. 시정계를 통한 원시데이터의 최소단위는 5초이며, 원시데이터를 토대로 1분 단위, 시간 단위 시정자료를 구분하였다.

속도자료 최소값이 30초 단위이기 때문에 분석의 용이성 확보를 위하여 5초 단위 6개를 평균하여 시정자료를 구축하였다.

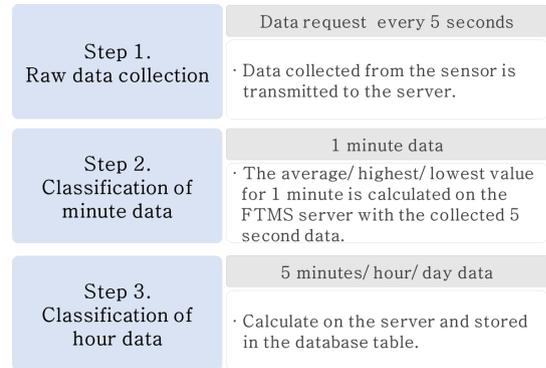


Fig. 2. Data Collection Process of WIS

시정거리 200m 이하 안개발생일의 5초 단위 원시데이터를 30초 단위로 가공하여, 안개등급에 따라 발생시간을 도출하였다. 안개발생일 동안 총 17,632분 동안의 시정거리별 지속시간이 8개 등급별로 구분되었다.

Table 6. Fog generation time by visibility rating

Visibility Rating	1	2	3	4	5
Visibility Distance	≤50m	51-100m	101-150m	151-200m	201-300m
Occurrence Time	177min	2,398min	3,084min	2,900min	9,071min

#### 3.3 안개발생일 시간별 교통량 및 속도 도출

교통량 및 속도 도출을 위하여 시정계와 인접한 인천공항고속도로 노오지 IC 인근의 VDS에 검지된자료를 활용하였다. 분석대상 VDS는 시정계와 110m 거리에 위치하여 안개발생 범위가 넓은 바다안개 특성상 기상관측값의 영향범위에 있다고 할 수 있다. VDS 위치는 인천공항고속도로 STA. 29.07Km에 위치하며, 서울, 인천 양방향을 분리하여 분석함으로써 통행목적 특성에서 생길 수

있는 오차를 배제하였다.

통과 교통량 및 속도 자료는 30초 단위로 VDS에 검지된 자료를 활용하였고, VDS는 검지기에서 개별차량의 통과여부와 통과속도를 측정하였다. 원시데이터는 30초 동안 통과한 차량대수 및 평균속도가 D/B화 되어, 1분 단위의 안개데이터에서 벗어난 값이 없는 분석이 가능하다.

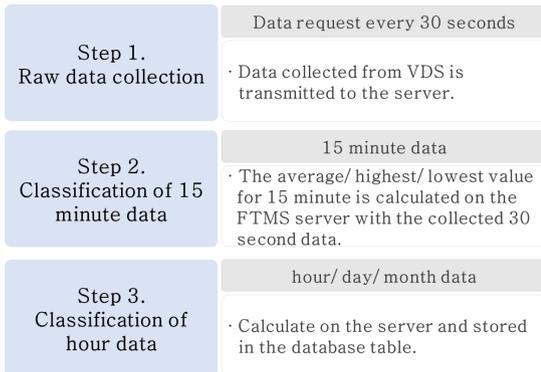


Fig. 3. Data Collection Process of VDS

200m이하 안개발생 일자(61일)의 30초 단위 통과 교통량 및 통행속도 데이터를 양방향 구분하여 추출하였고, 87,840개 교통량/통행속도 Data에 서울, 인천 양방향 구분하여 총 175,680개 Dataset이 구성되었으며 총 교통량은 391,124대였다.

### 3.4 시정거리 급간별 속도 자료 매칭

8개 등급으로 분류된 시정거리별 발생시간(1분 단위)과 동기화 된 교통량 및 속도(30초 단위) 데이터를 합산하여 표기하고, 30초 동안의 평균속도를 통과차량의 개별차량 속도로 간주하고, 안개발생 시간 동안의 속도의합을 교통량으로 나누어 평균속도를 도출하였다.

제한속도(100km/h)를 기준으로 제한속도의 50% 이하부터 제한속도 이상까지의 개별차량 비율을 추출하여 시정거리 제약 정도에 따른 감속차량 비율을 산정하였다. 시정거리별 속도자료 매칭 완료 후, 속도편차, 85퍼센타일 속도 등 속도분포 특성을 분석하였다.

### 3.5 해당 안개발생일 시간별 교통사고 빈도 및 심도 도출

시정계의 영향범위인 인천 중구 지역을 대상으로 S보험사 교통사고 접수자료를 활용하였고, 바다안개의 특성은 바다와 인접한 지역 전체에 광범위하게 발생하기 때

문에 사고지점별로 약간의 오차가 있을 수 있으나 전체적인 경향분석에는 활용이 가능하였다.

보험사 사고자료는 경찰 미신고 사고가 포함되어 있어 경찰 자료 대비 사고건수가 많으며, 국민이 체감할 수 있는 통계분석이 가능하다. 속도자료 도출과 동일한 방법으로 안개발생 시간 동안 총 184건의 인명피해 사고 D/B를 도출하였다. 사고심도는 보험사 피해등급을 기준으로 1~14점의 점수를 부여하였다.

교통사고 건수를 단위시간으로 환산하여 시간당 사고 발생 비율을 도출하고, 사고심도를 계수화하여 시정거리 8개 등급 발생시간 동안의 사고심도를 분석하였다.

## 4. 분석결과

### 4.1 시정거리에 따른 평균 주행속도

시정거리가 짧아지면 속도를 줄여야 하는 감속규정도 불구하고 평균속도의 변화는 미미하였다. 도로교통법 시행규칙 19조에 안개로 인한 시정거리가 100m 이하로 줄어들시 도로 제한속도의 50%를 감속하여야 하는 사항이 명시되어있음에도, 운전자들 대부분은 감속을 하지 않는 것으로 분석되었다.

Table 7. Average speed analysis result by visibility distance grade

Visibility distance	Visibility distance rating	Total occurrence time (min)	Average speed (km/h)	Changes compared to sunny days
≤50m	1	177.0	93.7	-13.2%
51-100m	2	2,398.5	99.5	-7.8%
101-150m	3	3,081.0	103.1	-4.4%
151-200m	4	2,892.5	105.6	-2.1%
201-300m	5	3,401.0	105.7	-2.0%
301-500m	6	2,591.5	105.9	-1.8%
501-1,000m	7	3,023.0	105.3	-2.4%
1,000m≤	8	2,948.5	107.9	0.0%

운전자가 위험을 인식하고 반응하는 시정거리는 100m이하의 안개로 판단되며, 시정거리가 100m 이하로 줄어들면 평균 주행속도는 약 93km/h로 10km/h 정도 감속 주행하였다. 도로교통법 적용시 50km/h 정도 감속하여야 하나, 기상에 따른 제한속도 기준을 인지한 감속이 아닌, 본인의 주관에 의한 속도 선택이라 할 수 있다.

### 4.2 시정거리에 따른 속도 편차

시정거리가 150m 이하의 안개 발생시 운전자의 주행 속도 선택에 차이가 커져 차량간 속도편차는 급격히 증가하였다. 안개발생시 교통류 흐름의 변화가 발생하는 시정거리는 200m인데 반해[8], 본 연구에서는 150m로 분석되었다. 차량의 제동능력 향상에 따른 정지거리에 대한 운전자 경각심 감소가 원인으로 예상된다.

Table 8. Overall vehicle speed deviation analysis result by visibility distance class

Visibility distance	Visibility distance rating	Total occurrence time (min)	Speed deviation (km/h)	Changes compared to sunny days
≤50m	1	177.0	13.5	69.8%
51-100m	2	2,398.5	11.2	41.3%
101-150m	3	3,081.0	11.5	45.1%
151-200m	4	2,892.5	9.8	23.6%
201-300m	5	3,401.0	9.5	19.5%
301-500m	6	2,591.5	9.6	21.2%
501-1,000m	7	3,023.0	9.8	22.9%
1,000m≤	8	2,948.5	8.0	0.0%

110km/h 이상의 고속 주행을 제외한 차량의 속도편차는 시정거리 150m 이하에서 증가하기 시작하여 100m 이하에서 급격한 증가하였다. 속도편차는 시정거리 100m 이하에서 고속주행을 제외한 차량의 편차 증가량이 전체 차량 보다 2배 수준 높게 나타났다. 맑은날 대비 시정거리 50m 이하 안개시 속도편차 변화 분석 결과, 전체차량은 45~70% 증가한 반면 고속 제외시는 89~122% 증가하였다.

Table 9. High-speed excluded vehicle speed deviation analysis result by visibility rating

Visibility distance	Visibility distance rating	Total occurrence time (min)	Speed deviation (km/h)	Changes compared to sunny days
≤50m	1	177.0	12.0	122.3%
51-100m	2	2,398.5	8.8	62.6%
101-150m	3	3,081.0	7.5	38.8%
151-200m	4	2,892.5	6.5	20.8%
201-300m	5	3,401.0	6.4	19.6%
301-500m	6	2,591.5	6.6	22.3%
501-1,000m	7	3,023.0	6.5	20.6%
1,000m≤	8	2,948.5	5.4	0.0%

### 4.3 시정거리에 따른 속도편차 증가 원인

시정거리 제약시 제한속도를 상회하여 주행하는 차량은 거의 없었으나, 일정 속도범위를 하회하여 주행한 차량 비율이 증가하였다. 시정거리 150m 이하시 제한속도의 20% 감속 차량이 급격히 증가하고, 시정거리 50m 이하시 제한속도의 40% 감속 차량이 급격히 증가하였다.

주행속도 상위 15%는 시정거리가 짧아지더라도 도로 제한속도 수준의 비슷한 속도를 유지하며, 하위 15%의 차량은 시정거리가 짧아지면 감속비율이 증가하였다. 시정거리 151m-1,000m 까지는 하위 15%의 차량 속도가 1,000이상 때보다 약 5km 감속하였다. 해당 안개등급에서 평균 91.3~92.1km/h로 주행하였는데, 일부 안개등급(201-300m)에서 주행속도가 소폭 증가(0.3km/h)하는 경향이 있었으나, 통계분석시 감안할 수 편차로 판단되며, 시정거리 151m-1,000m시의 운전자들의 속도변화 특성이 유사하다고 판단할 수 있다.

Table 10. Vehicle distribution analysis result by driving speed by visibility rating

Visibility distance	Visibility distance rating						Bottom 15% speed(km/h)	Top 15% speed(km/h)	Difference (km/h)
	≤50km/h	51~70km/h	71~90km/h	91~110km/h	111~130km/h	131km/h≤			
≤50m	0.7	6.0	24.7	59.6	9.0	0.0	69.2	98.0	28.8
51-100m	0.0	1.1	16.2	66.7	15.4	0.6	81.7	102.6	20.8
101-150m	0.1	0.4	10.2	63.5	24.3	1.4	85.8	106.2	20.3
151-200m	0.0	0.2	3.6	65.9	28.9	1.3	91.3	108.1	16.9
201-300m	0.0	0.1	3.1	67.5	28.1	1.3	92.1	108.1	16
301-500m	0.0	0.1	4.1	64.4	30.1	1.3	91.8	106.7	14.9
501-1,000m	0.0	0.2	4.6	66.4	27.5	1.4	91.1	107.7	16.6
1,000m≤	0.0	0.1	1	62.5	35.6	0.9	96.4	109.9	13.5

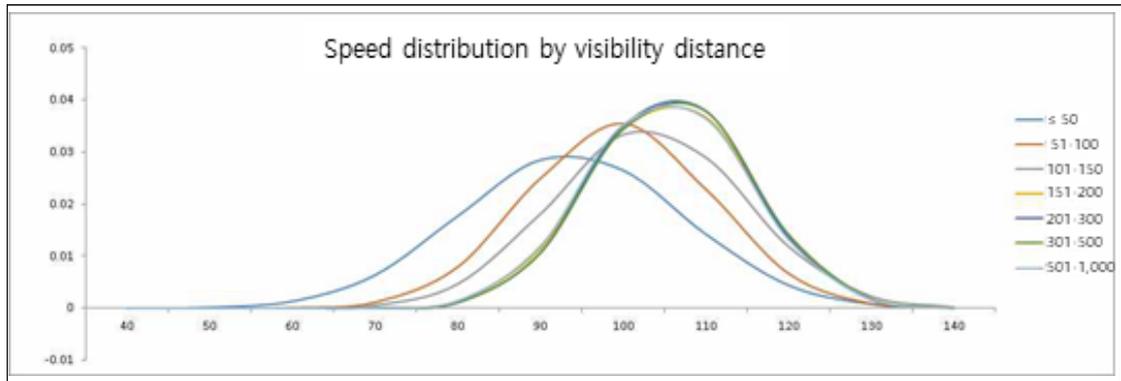


Fig. 4. Average speed analysis result by visibility distance grade

#### 4.4 시정거리에 따른 사고심각도 변화

시정거리가 짧아지면 사고심도가 증가하며, 시정거리 150m 기준으로 1.45배의 차이를 발생했다. 시정거리 150m 초과 오픈 안개발생시 평균 상해급수는 11.5급이었으며, 시정거리 150m 이하 짙은 안개 발생시 시간당 평균 상해급수 9.9급으로 나타났다.

Table 11. High-speed excluded vehicle speed deviation analysis result by visibility rating

Visibility distance	Visibility distance rating	Number of accidents	Severity	Average severity
≤50m	1	1	2.0	5.08
51-100m	2	6	6.0	
101-150m	3	5	4.6	
151-200m	4	3	4.7	
201-300m	5	4	4.0	3.50
301-500m	6	2	4.0	
501-1,000m	7	10	3.5	
1,000m≤	8	153	3.5	

### 5. 결론 및 향후 연구과제

안개발생시 시정거리 변화시 별도의 제한속도 변화가 없으면, 운전자들은 본인들의 판단에 따라 자율적으로 주행속도를 변경한다. 주행속도 상위 15%의 운전자들은 시정거리 상관이 없이 평상시 제한속도 100km/h에 근접한 속도로 주행하나, 하위 15% 운전자들은 시정거리 따라 단계적으로 감속운행한다. 이는 차량간 속도편차를 증가시키고, 교통사고 발생 및 심각도증가의 원인이 된다.

분석결과 종합하여, 시정거리별 속도편차가 증가하는

구간을 2단계로 구분할 수 있다. 1단계 시정거리 151~1,000m 등급이며, 속도편차가 약 14km/h에서 16km/h로 증가한다. 2단계 시정거리 150m 이하의 경우 속도편차가 약 20km/h이상으로 증가한다.

현행 ‘도로교통법 시행규칙 19조’의 감속기준은 시정거리 100m 이하에서 50% 감속규정만 있다. 국토교통부 ‘안개교통사고주요상황대응 매뉴얼’에서는 100m 이하에서 50% 감속기준은 도로교통법과 동일하나, 시정거리 250m 이하에서 20% 감속기준이 추가되어 있다.

안개발생시 시정거리에 따른 속도변화와 사고심각도를 고려해봤을 때, 시정거리별 감속 기준을 정량적 데이터에 기반하여 현실화할 필요가 있다. 안개 경계 수준인 제한속도 50% 감속 기준을 기존 시정거리 100m에서 150m로 강화하고, 안개 주의 수준인 20% 감속 기준을 시정거리 250m에서 1,000m로 강화할 것을 제안한다. 제한속도 감속기준의 강화는 교통운영측면에서 통행 효율을 감소시킬 수 있으나, 운전자들의 안전을 고려한다면, 현행 기준을 강화시키는 것을 고려해야 한다.

안개발생시 안전성 향상을 위한 시설적인 측면에서는 가변속도제한 시스템의 강화가 요구된다. 제한속도정보를 지속적으로 운전자에게 상기시킬 경우 감속효과가 크게 증가할 것으로 판단된다. 미국 펜실베이니아의 경우 가변속도제한 시스템 적극 운영 중으로 1mile(1.6km)마다 기상관측 장비를 설치하고 가변속도제한 시스템을 적용 중이다.

국내에서도 가변속도제한 시스템을 운영 중에 있으며, ITS시스템이 고도화되었기 때문에 고속도로 및 일반국도 등에 확대·보급할 경우 안개 발생에 따른 대형교통사고를 예방할 수 있을 것이다. 또한, 구간단속과 같이 단속을 통한 속도저감정책이 병행될 경우 안전효과는 더욱 증대될

것으로 판단된다.

현재 가변속도제한 시스템을 통한 속도정보 제공과 단속에 의한 안전효과를 명확히 제시한 결과가 부족하여, 상기 제시한 기준 개선에 대한 효과를 검증할 수는 없으나, 향후 추가적인 데이터 수집 및 안전시설 설치 전후 효과 분석연구가 진행될 경우 안개발생시 운전자들의 안전성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

## References

- [1] Michigan Department of Transportation, "Providing Visibility and Visual Guidance to the Road User", Transportation Research Board, National Research Council, 1985.
- [2] Korea Meteorological Administration, "1990-2019 Annual Climatological Report", 1990-2019.
- [3] Traffic Acciennt Analysis System, <http://taas.koroad.or.kr> (accessed March. 23, 2021)
- [4] Ministry of the Interior and Safety, "The Road Traffic Act". <https://www.law.go.kr/LSW> (accessed March. 23, 2021)
- [5] A. H. Perry, L. J. Symons, "Highway Meterorology", E&FN Spon, London, E & FN Spon, London, England, pp. 101, 1991.
- [6] J. Tan, "Impact of risk illusions on traffic flow in fog weather", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Vol. 525, No. 1, pp. 216-222, 2019. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.03.023>
- [7] Y. Son, J. Jeon, "A Study on Traffic-Flow Characteristic Changes on Expressway by Visibility," The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 12, No. 6, pp.116-126, 2013. DOI : <https://doi.org/10.12815/kits.2013.12.6.116>
- [8] M. A. Abdel-Aty, A. Oloufa, Y. Peng, T. S. Shen, X. Yang and J. Lee, "Real Time Monitoring and Prediction of Reduced Visibility Events on Florida's Highways" University of Central Florida Report, 2014.
- [9] S. Kim, S. Lim, "An Analysis of Change in Traffic Characteristics with Fog", The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 16, No. 4, pp.92-106, 2017. DOI : <https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.4.92>
- [10] M. N. Khan, A. Ghasemzadeh, M. A. Ahmed, "Investigating the Impact of Fog on Freeway Speed Selection using the SHRP2 Naturalistic Driving Study Data", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol 2672, Issue 16, 2018 DOI : <https://doi.org/10.1177/0361198118774748>
- [11] F. Rosey, I. Aillerie, S. Espié, F. Vienne, "Driver behaviour in fog is not only a question of degraded visibility - A simulator study", Safety Science, Vol. 95, pp. 50-61, 2017. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.02.004>
- [12] S. Sam, "UTAH:s Fog Warning System-ADVISE", UDOT Research News, 2000.
- [13] G. Nilsson, "The Effects of Speed Limits on Traffic Crashes in Sweden. In: Proceedings of the International Symposium on the Effects of Speed Limits on Traffic Crashes and Fuel Consumption", Dublin. Organisation for Economy, Co-operation, and Development (OECD), Paris. pp.87-91, 1982.
- [14] C. N. Kloeden, "Travelling speed and the rate of crash involvement. Volume 1: findings", Federal Office of Road Safety FORS, pp.41-42, 1997.
- [15] Y. Peng, M. Abdel-Aty, Q. Shi, R. Yu, "Assessing the impact of reduced visiblity on trafic crash risk using microscopic data and surrogate safety measures", Journal of Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 74, pp. 295-305, 2017. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.11.022>
- [16] D. Solomon, "Accidents on Main Rural Highways Related to Speed Driver and Vehicle", Washington DC: Federal Highway Administration, pp. 77-92, 1964.
- [17] J.A. Cirillo, "Interstate System Accident Research Study II", Interim Report II", Public Roads 35, p. 33-34, 1968.
- [18] C. A. Lave, "Speeding Coordination and the 55 MPH Limit", The American Economic Review, Vol. 75, No. 5, pp. 1159-1164, 1985. <https://www.jstor.org/stable/1818655>
- [19] J. Edwards, "The Relationship Between Road Accident Severity and Recorded Weather", Journal of Safety Research, Vol. 29, No. 4, pp. 249-262, 1998. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(98\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(98)00051-6)
- [20] Martin P., Perrin J., Coleman B., "Adverse Visibility Information System Evaluation (Advise) Interstate 215 Fog Warning System", University of Utah, UT DOT, 2003.
- [20] S. Lee, J. Jung, "Estimating the Effectiveness of Fog Detect & Warning System by Driving Simulator", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation Vol. 12, No. 1, pp. 111-117, 2012. DOI : <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2012.12.1.111>

정 도 영(Do-Young Jung)

[정회원]



- 2008년 2월 : 서울시립대학교 교통공학과 (교통공학석사)
- 2008년 5월 ~ 2012년 1월 : 한국교통연구원 연구원
- 2021년 6월 : 아주대학교 교통공학과(박사수료)
- 2014년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

교통안전, 도로설계, 자율주행, ITS

---

김 형 규(Hyung-Kyu Kim)

[정회원]



- 2011년 8월 : 서울시립대학교 교통공학과 (교통공학석사)
- 2011년 9월 ~ 2013년 9월 : 한국철도기술연구원 석사후연구원
- 2020년 8월 : 서울시립대학교 교통공학과 (교통공학박사)
- 2020년 10월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 박사후연구원

<관심분야>

교통안전, 도로설계, 자율주행, ITS