

■ 論 文 ■

# 고속도로 돌발상황 지속시간 예측모형 개발

Development of Freeway Incident Duration Prediction Models

신 치 현

(경기대학교 도시·교통공학과 부교수)

김 정 훈

(경기개발연구원 교통정책연구부 연구원)

## 목 차

- I. 서론
    - 1. 연구의 배경 및 목적
    - 2. 연구의 필요성
    - 3. 연구의 범위 및 수행절차
  - II. 문헌고찰
    - 1. 국내문헌
    - 2. 국외문헌
  - III. 국내의 자료구축 현황
    - 1. 한국도로공사
    - 2. 올림픽대로 교통정보센터
    - 3. 경찰청 및 교통방송
  - IV. 자료의 수집정리
    - 1. 자료의 수집
    - 2. 자료의 정리
  - V. 자료분석 및 모델링
    - 1. 기초분석
    - 2. 지속시간 자료분석
    - 3. 지속시간 예측을 위한 모델링
    - 4. 모형의 정확성 평가
  - VI. 결론 및 향후 연구과제
    - 1. 결론
    - 2. 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 고속도로 돌발상황(freeway incident), 돌발상황 지속시간(incident duration), 돌발상황처리(incident clearance), 돌발상황관리체계(incident management system), 회귀분석(regression analysis)

## 요 약

반복정체와 함께 돌발상황은 고속도로 교통혼잡의 주요 원인이 되고 있다. 발생된 돌발상황에 대해 즉각 정보를 제공하고 신속히 교통류를 관리하는 정도는 그 교통류관리시스템의 수준을 의미하는 것으로, 돌발상황에 의해 차료가 차단될 시간을 속히 예측하는 것은 돌발상황관리에서 매우 기본적인 사항이라 하지 않을 수 없다.

돌발상황에 따라 교통류관리대책을 수립·실시하고 교통정보를 제공하자면 돌발상황으로 인한 교통영향(지체와 대기행렬 길이)을 먼저 산정해 보아야 하며 그러기 위해서는 지속시간의 예측이 반드시 필요하다. 통상 돌발상황의 지속시간은 그 유형 및 심각도에 따라 다양해지며 교통, 도로, 환경 등과 같은 복합적인 조건에 영향을 받는다. 따라서 돌발상황 지속시간 예측모형에 사용되는 독립변수는 돌발상황 확인시점에서 수집 가능한 변수이어야 하며 모형의 현장적용을 위해서는 해당도로의 교통관제시스템의 수준과 함께 정보원(CCTV, 순찰반 등)의 특성을 고려하여야 한다.

본 연구는 고속도로 돌발상황 지속시간 예측모형 개발을 목표로 하며, 한국도로공사 수원지사의 교통사고발생 속도 21개월 분의 자료를 정리하여 본선에서 발생한 각종 돌발상황 168건을 사용자자료로 추려냈다. 이를 DB화하여 통계분석을 수행하였으며 고속도로에서의 돌발상황 지속시간 예측을 위한 다중선형회귀모형을 구축하였다. 그리고 모델링에 사용되지 않은 자료를 이용해 개발모형의 정확성 평가를 수행하였다.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

돌발상황이란 도로의 용량을 일시적으로 크게 감소시키는 비반복적인 상황으로 교통사고, 차량고장, 낙하물, 기상이변 등이 있으며, 인명 및 물질 피해뿐만 아니라 도로의 용량감소로 인한 차량의 추가적인 지체 및 대기오염을 유발하게 된다.

전체 돌발상황 시간구성은 <그림 1>과 같이 크게 감지시간, 대응시간, 처리시간으로 구성되며, 이 시간들을 모두 합한 돌발상황 발생에서 처리종료까지의 시간을 돌발상황 지속시간(incident duration)이라고 한다. 돌발상황 처리완료 이후에도 교통류가 정상으로 회복되기 위해서는 일정 시간(time to normal flow)이 소요된다.

고속도로에서의 혼잡 중 60% 이상이 돌발상황에 의해 유발되고 있으며(윤일수, 2000) 이에 따라 돌발상황관리시스템에서는 각종 돌발상황의 교통류에 대한 영향을 최소화하기 위해 적절한 대응시나리오를 수립하고자 노력하고 있다. 이를 위해서는 물리적으로 차로가 폐쇄된 시간을 의미하는 돌발상황 지속시간, 폐쇄 차로수, 상류교통수요를 반드시 알아야 한다.

폐쇄 차로수는 CCTV 및 현장대응팀의 보고를 통해 비교적 쉽게 알 수 있으며, 상류 교통수요는 현재 수도권내에 약 1km 간격으로 설치되어 있는 검지기 체계를 통해 알 수 있다. 하지만, 돌발상황 지속시간은 그 유형 및 심각도에 따라 매우 다양하며 도로, 교통, 환경조건 등에 의해 영향을 받기 때문에 즉각적으로 판단하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 돌발상황의 확인시점에서 현

장상황을 설명할 수 있는 정량적 또는 정성적인 변수를 이용하여 지속시간을 예측할 수 있는 모형을 개발하고자 한다. 모형의 예측결과는 동일한 사고유형이라도 차이가 존재할 수 있으며, 이는 상기의 종합적인 요인에 기인한다. 이렇듯 확인단계에서 정확한 지속시간의 예측은 거의 불가능하지만 그 대략의 범위를 예측하고자 하는 것이 본 연구의 목표이다.

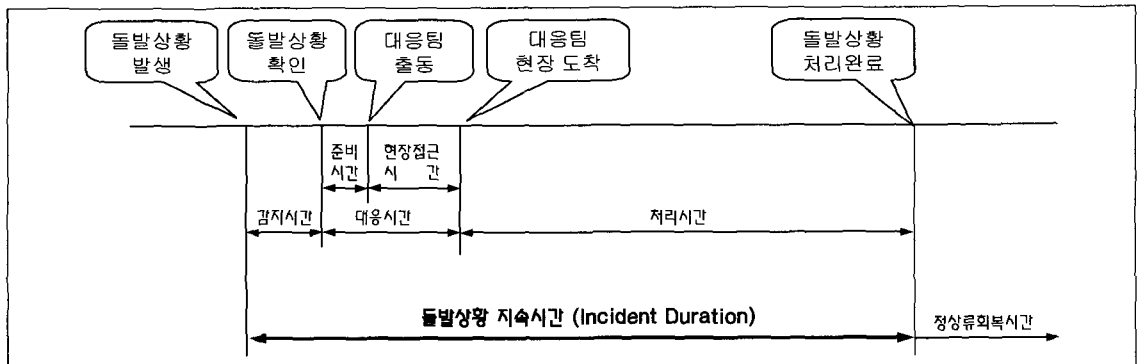
## 2. 연구의 필요성

이 분야의 국내 기존 연구는 거의 전무한 상태이며, 주로 외국의 연구결과들이 제시되고 있고 이를 국내에 전용하고 있는 실정이다. 국외의 연구결과를 살펴보면 수학적 모형 및 decision tree의 형태로 대별할 수 있으며, 수학적 모형의 대부분이 회귀모형의 형태로 제시되고 있다.

이러한 국외의 모형을 도로조건, 교통조건 및 교통관리시스템의 수준이 상이한 국내에 적용하는 것은 모형의 정확성을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있으며, 입력변수의 확인이 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 또한, 처리와 관련하여 국내의 경우 견인차량이 매우 신속히 현장에 도착하고 있어 대응기관의 운영 특성이 상이할 것으로 판단된다.

이렇듯 국내외에 많은 차이가 존재하므로 국내여건을 정확히 반영하는 모형의 개발이 절실하며, 모형의 입력변수는 국내 교통관리시스템의 수준에 적합하고 쉽게 확인이 가능하도록 구성되어야 한다.

돌발상황의 지속시간을 예측할 수 있다면, 교통영향권 즉, 대기행렬, 지체, 정상류 회복시간 등을 산정할 수 있으며 이를 바탕으로 교통류 관리범위 및 교통정



<그림 1> 돌발상황 시간구성

보 제공범위의 결정, 우회전략 제시를 통해 효율적인 돌발상황관리를 수행할 수 있게된다. 또한, 사전에 발생 가능한 경우의 돌발상황 대응시나리오를 작성하고, 돌발상황 발생 시 신속히 지속시간을 예측하여 해당상황에 적합한 대응시나리오를 선택하여 실행하도록 할 수 있으며, 이는 TMC 운영자의 신속한 업무처리와 혼잡을 최소화할 수 있는 유용한 방안이 될 수 있다.

### 3. 연구의 범위 및 수행절차

연구의 범위는 공간적으로 수도권내 경부고속도로(편도 4차로)를 대상으로 하였으며, 시간적으로는 2000년 1월부터 2001년 9월까지의 총 21개월 동안 수집된 교통사고자료를 이용하였다.

연구의 수행절차는 크게 문헌고찰, 자료의 수집 및 정리, 자료분석 및 모델링, 모형평가 및 결론의 순으로 구성된다.

## II. 문헌고찰

국내에서 돌발상황관리에 대한 관심은 고조되고 있으나, 관련 기술은 기초적인 단계에 머물고 있는 실정이다. 현재 돌발상황관리 시스템을 실제 가동하고 있는 곳은 도로공사뿐이며 관련된 알고리즘이나 모형을 직접 개발하여 사용하고 있지는 못하다.

국내의 유사연구가 거의 없는 상황이므로 국외의 모형 및 decision tree 개발에 관한 연구를 중점적으로 검토하고 최근의 돌발상황관리 연구 동향을 파악하여, 국내 상황에 부합될 수 있는 모형의 개발과 정립에 참조한다.

### 1. 국내문헌

국내 연구로는 유일하게 한용구의 논문이 있는데, 이 논문은 1995~1996년 워싱턴주 교통부(WSDOT)의 돌발상황 자료를 이용하였으며, 통계분석을 수행하여 지속시간을 추정하는 중회귀 모형을 제시하였다. 돌발상황 지속시간과 각 변수들간의 상관관계를 종합적으로 분석하여 최종적으로 지속시간과 유의한 변수들의 상관계수를 도출하였는데 가장 높은 상관관계를 갖는 변수는 대응차량 도착에서 처리완료까지의 시간

(처리시간)으로 나타났다. 논문에서 제안하고 있는 돌발상황 지속시간 추정모형은 식(1)과 같다.

$$Y = 31.24 + 0.84X_1 + 12.93X_2 + 3.39X_3 + 2.70X_4 + 7.02X_5 + 16.24X_6 \quad (1)$$

Y : 돌발상황 지속시간(분)

X<sub>1</sub> : 대응차량 도착에서 처리후 출발까지의 시간(분)

X<sub>2</sub> : 일기 상태(비가 오면:1, 맑으면:0)

X<sub>3</sub> : 유고로 차단된 차로 수

X<sub>4</sub> : 화물차량 포함여부(포함하면:1, 아니면:0)

X<sub>5</sub> : 유고로 연루된 차량총수

X<sub>6</sub> : 시간변수(오전 침두이면:0, 반대면:1)

이 논문에서는 워싱턴주 교통부의 자료를 이용하여 모형을 개발하였기 때문에 도로조건, 교통조건 및 대응체제의 차이가 존재하는 국내에 적용하기는 어려울 것으로 보이며, 돌발상황 지속시간을 추정함에 있어 대응차량의 도착에서 처리종료 후 출발까지의 시간을 독립변수로 사용한 것은 모형의 설명력은 높일 수 있지만, 돌발상황의 확인단계에서 수집 가능한 변수는 아니다. 상기의 논문은 지속시간의 구성에서 가장 중요하고 변화무쌍한 처리시간을 입력변수로 채택하고 있어 실제로 지속시간을 예측할 수 있는 모형이라고 하기에는 문제가 있다.

## 2. 국외문헌

### 1) Northwestern 대학 모형

Northwestern 대학이 Illinois DOT에서 제공한 총 121건의 돌발상황 기록을 바탕으로 모형을 개발하였다. 총 22개의 변수 중에서 종속변수인 처리시간과 강한 상관관계를 갖는 9개의 변수를 통계적 평가를 통해 산출하였는데 그 변수들과 처리시간 예측모형은 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} CLEAR = & 14.03 + 35.57 \cdot HEAVY + 16.47 \cdot WX \\ & + 18.84 \cdot SAND - 2.31 \cdot HAR + 0.69 \cdot RESP \\ & + 27.79 \cdot OTHER + 5.81 \cdot RDSIDE + 18.44 \\ & \cdot NTRUCK + 32.76 \cdot NONCON + 22.90 \cdot SE \\ & VINJ + 8.34 \cdot WRECKER(\min) \end{aligned} \quad (2)$$

[운영 변수]

WRECKER=대형 wrecker 사용(1.0)/OTHER=타 기관 협조 유무(1.0)/SAND=모래, 제설 등 노면작업 필요시(1.0)

[유형 변수]

NTRUCK=포함된 대형 차량 수/HEAVY=과적으로 인한 사고(1.0)/NONCON=대형차에 액체, bulk형의 화물이 있는 경우(1.0)/SEVINJ=심각한 상해건수/RDSIDE=노면 시설 훼손 경우(1.0)

[환경 변수]

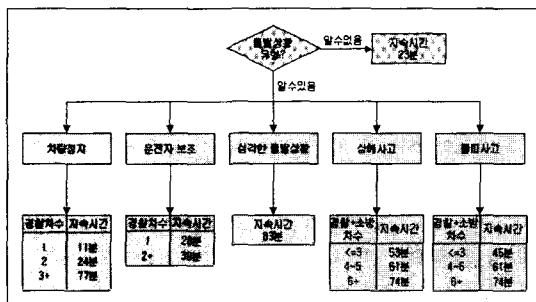
WX=악조건의 기상(1.0)

[기타 변수]

HAR=노측방송 유무(1, 0)/RESP=대응시간(분)

2) ADVANCE 모형

Northwestern 대학에서 ADVANCE 프로젝트의 일환으로 Northwest Central Dispatch가 제공한 801건의 교통사고 자료를 바탕으로 개발한 예측모형이다. 분석결과를 바탕으로 <그림 2>와 같은 decision tree를 제안하였다. 각각의 돌발상황 처리시간은 파견된 경찰차량의 수(NP)와 파견된 구급·소방차의 수(NF)에 의해 크게 달라진다는 것을 보여 주고 있다.



<그림 2> 지속시간 예측을 위한 decision tree (ADVANCE Project)

3) Garib 모형

FHWA의 지원으로 수행된 '돌발상황 예측 및 지체에 관한 연구' 중에 IMPACT라는 모형이 개발되었고, 이 연구와 동일한 자료를 활용하여 Garib은 식(3)과 같은 회귀식을 제안하였다.

$$\text{Log}(\text{duration}) = 0.87 + 0.027X_1X_2 + 0.2X_5 - 0.17X_6 + 0.68X_7 - 0.24X_8 \quad (3)$$

duration : 돌발상황 지속시간

X<sub>1</sub> : 돌발상황으로 영향 받는 차로 수

X<sub>2</sub> : 돌발상황에 포함된 차량의 수

X<sub>5</sub> : 돌발상황에 포함된 트럭 표현 가상변수(트럭이 포함은 0, 포함은 1)

X<sub>6</sub> : 시간 표현 가상변수(AM peak는 0, PM peak는 1)

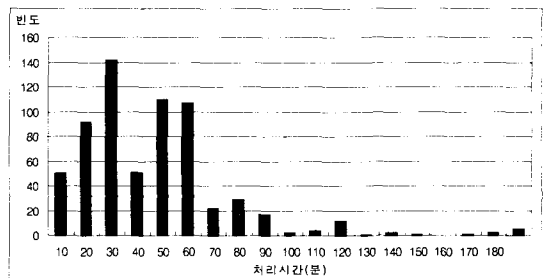
X<sub>7</sub> : 경찰 대응 시간의 자연 대수(사고발생부터 경찰의 현장도착까지 시간)

X<sub>8</sub> : 날씨 상황 표현 가상변수(비가 오지 않으면 0, 오면 1)

4) Northern Virginia 사례 분석

Northern Virginia에서 본 연구와 유사한 연구를 수행하여 처리시간에 영향을 미치는 요인을 조사하고 돌발상황의 유형별 처리시간 예측모형을 개발하기 위해 1994년 4월 각 관계기관(경찰, 도로순찰대, 소방구조대)에 약 10,000부의 설문조사 양식을 배포하여 자료를 수집하였다. 650개의 돌발상황 dataset을 작성하여 자료분석 및 decision tree를 개발하였다. 분석결과 처리시간의 빈도분포는 <그림 3>과 같이 대부분의 돌발상황이 1시간 이하이고, 1시간 이상 지속되는 경우는 15.0%로 나타났다.

전체평균 처리시간은 44분이었고, 표준편차는 33.8분으로 나타났다. 처리시간은 사고유형에 강하게 연관되어 있으나, 도로의 형태에 따른 차이는 상대적으로 작게 나타났다. 돌발상황의 유형, 심각도, 운영적 요인, 위치, 차로 폐쇄정도, 환경적 요인과 같이 처리시간에 영향을 미치는 변수들의 통계적 유의성을 검증하기 위해 분산분석을 사용하였으며, 그 결과를 바탕으로 decision tree를 구축하였다.



<그림 3> 돌발상황 처리시간 분포

### III. 국내의 자료구축 현황

#### 1. 한국도로공사

사고발생시 도로공사의 기록양식인 교통사고 발생 속보에 의하여 현장에서 고객지원단이 사고에 관련된 내용을 상세히 기록하고 있으며, 본 연구의 핵심항목인 지속시간을 기록하고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 차량검지체계를 바탕으로 돌발상황관리 DB를

구축하고 있으나, 실제로 발생시간 및 장소, 운영자 확인시간 정도만 기록·유지되고 있기 때문에 사고내용, 지속시간, 대응방안 및 지체길이 등 연구에 필요한 핵심항목을 알 수 없는 상태이다.

#### 2. 올림픽대로 교통정보센터

현재 운영중인 교통관리시스템에서는 단순히 혼잡만을 감지하는데 초점을 두고 개발되어 병목구간에서

〈표 1〉 올림픽대로의 돌발상황관리 DB

일자	시간	구간	장소	차선	내용	사망	부상	관할서	통보기관	수신자	종료일자	종료시간
2000-01-03	16:30:00	한강->동작	한강->동작	1	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터	차로모름	2000-01-03	17:05:00
2000-01-04	14:50:00	반포->한남	반포->한남	1	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터	차로모름	2000-01-04	15:14:00
2000-01-05	18:20:00	수산->한강	수산->한강	1	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터	차선 모름	2000-01-05	18:30:00
2000-01-05	18:10:00	반포->한남	반포->한남	1	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터	차로모름	2000-01-05	18:29:00
2000-01-08	16:30:00	동호->성수	동호->성수	1	고장	0	0	강남경찰서	교통센터	차선모름	2000-01-08	17:38:00
2000-01-08	13:37:00	성수->영동	성수->영동	1	고장	0	0	강남경찰서	교통센터	차선모름	2000-01-08	14:02:00
2000-01-08	9:20:00	영동->잠실	영동->잠실	1	추돌	0	0	송파경찰서	교통센터	차선모름	2000-01-08	9:50:00
2000-01-08	8:20:00	영동->잠실	영동->잠실	1	추돌	0	0	송파경찰서	교통센터	차선모름	2000-01-08	8:50:00
2000-01-09	19:50:00	반포->한남	반포->한남	1	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터	차로모름	2000-01-09	20:21:00
2000-01-10	14:12:00	영동->잠실	영동->잠실	4	고장	0	0	송파경찰서	교통센터		2000-01-10	14:41:00
2000-01-10	12:10:00	동호->성수	동호->성수	4	추돌	0	0	강남경찰서	교통센터		2000-01-10	12:36:00
2000-01-10	6:40:00	한강->동작	한강->동작	1	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터	차로모름	2000-01-10	6:58:00
2000-01-12	12:35:00	반포->한남	반포->한남	3	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-12	12:45:00
2000-01-13	1:30:00	동작->반포	동작->반포	1	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-13	2:32:00
2000-01-14	15:22:00	동작->반포	동작->반포	1	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-14	15:58:00
2000-01-14	15:20:00	동작->반포	동작->반포	1	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-14	15:58:00
2000-01-15	15:55:00	수산->한강	수산->한강	1	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터	차선 모름	2000-01-15	16:08:00
2000-01-15	12:04:00	반포->한남	반포->한남	4	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-15	12:27:00
2000-01-18	12:30:00	영동->잠실	영동->잠실	1	추돌	0	0	송파경찰서	교통센터		2000-01-18	12:43:00
2000-01-18	9:11:00	반포->한남	반포->한남	2	추돌	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-18	9:37:00
2000-01-18	7:31:00	영동->잠실	영동->청담	4	전복	0	0	송파경찰서	교통센터		2000-01-18	10:29:00
2000-01-19	15:50:00	수산->한강	수산->한강	4	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터		2000-01-19	16:28:00
2000-01-19	15:10:00	반포->한남	반포->한남	1	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-19	15:22:00
2000-01-20	16:00:00	한남->동호	한남->동호	4	고장	0	0				2000-01-20	16:34:00
2000-01-20	12:40:00	한남->동호	한남->동호	4	추돌	0	0				2000-01-20	13:06:00
2000-01-20	11:00:00	동작->반포	동작->반포	2	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-20	11:35:00
2000-01-20	8:00:00	반포->한남	반포->한남	4	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-20	8:38:00
2000-01-21	21:40:00	한강->동작	한강->동작	1	추돌	0	0	노량진경찰서	교통센터		2000-01-21	22:18:00
2000-01-21	14:05:00	반포->한남	반포->한남	4	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-21	14:17:00
2000-01-22	18:20:00	반포->한남	반포->한남	1	고장	0	0	서초경찰서	교통센터		2000-01-22	19:24:00
2000-01-22	0:36:00	동호->성수	동호->성수	1	추돌	0	0	강남경찰서	교통센터	차선모름	2000-01-22	0:56:00
2000-01-22	0:30:00	한남->동호	한남->동호	2	추돌	0	0				2000-01-22	1:11:00

의 혼잡, 사고 및 공사 등에 의해 발생하는 돌발상황은 감지가 불가능하며, 경찰청 CCTV등과 연계하여 운영자가 화면을 통해 확인하는 방법을 취하고 있다. 돌발상황 발생시 운영자에 의해 기록되는 DB의 항목은 <표 1>과 같다.

올림픽대로 관제센터의 DB Table은 돌발상황의 발생시간부터 종료시간을 알 수 있어 지속시간을 파악할 수 있지만, 사고의 내용이 너무 개략적이고 사상자 수를 알 수 없어 사고의 규모 및 심각도를 판단하기 어렵다. 또한, 도로에 이정체계가 없기 때문에 정확한 사고발생지점을 기록하기 어렵고, 연루 차량 수, 사상자수, 사고내용 등을 정확히 파악하기 힘들다. 위의 자료를 분석에 활용하기 위해서는 향후 관할 경찰서의 협조를 통해 상기한 항목에 대한 추가적인 보장조사가 필요할 것이다.

### 3. 경찰청 및 교통방송

경찰에서는 교통사고와 관련하여 사고의 규모를 물적 피해액수와 인명 피해로 구분하여 사고장소와 기 후 등의 자료를 정리하고 있는 것으로 파악되었다. 현재 돌발상황 지속시간에 관하여 DB화하는 방안은 마련되지 않고 있으며 교통사고의 과실을 규명하고자 사고현장 상태와 가해자와 피해자의 관계사항과 피해 규모만을 DB로 구축하고 있다.

교통방송에서는 교통정보수집시스템을 구축하여 전 자지도상에 실시간으로 교통사고정보를 표출하고 있으며, 돌발상황 관련내용으로는 교통상황 정보내용, 발생시간, 종료시간, 제보자 등을 기록관리하고 있다. 교통방송에서 기록하고 있는 사고유형 및 지속시간은 다음과 같다.

- 단순사고 : 20분
- 일반사고 : 30분
- 중대사고 : 40분

위와 같이 사고유형을 세 가지로 구분하여 미리 정해진 사고유형별 지속시간을 입력하고 있다. 이는 돌발상황의 발생에 초점을 두어 발생시각만을 보고하도록 하고 있는 데에 따른 문제이며, 지속시간의 교통 영향에 대한 중요성을 간과한 결과이다.

## IV. 자료의 수집정리

### 1. 자료의 수집

한국도로공사의 협조를 통해 2000년 1월 1일부터 2001년 9월 30일까지 경부고속도로 한남대교 기점에서 경기도 안성까지 총 63.2km 구간의 교통사고 자료 총 384건을 수집하였다.

도로공사에서는 교통사고의 처리 및 예방을 위해 고객센터단을 2인 1조로 구성하여 8시간씩 3교대로 24시간 운영하고 있다. 정기적인 도로순찰 및 TMC 통보를 통해 사고상황을 감지하여 대응하고 있으며, 고객센터단 1개소는 평균 21km(양방향) 정도의 구간을 담당하고 있다.

교통사고 발생속보에는 돌발상황 지속시간을 의미하는 차로별 차단시간을 기록하고 있으며, 접근시각, 현장도착시각과 함께 사고발생시각 및 사고내용을 구체적으로 기록하고 있다. 일부 수집자료에서는 교통제한 항목에 정확한 지속시간을 기록하지 않고 "일시차단"과 같이 불명확하게 기록한 경우도 있지만 국내의 사고 자료수집체계가 정립되지 않은 점을 감안할 때 매우 유용한 자료로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 도로공사의 교통사고 발생속보 기록내용을 바탕으로 소규모 DB를 구축, 통계분석을 실시하였다.

### 2. 자료의 정리

사고발생위치에 따라 현장의 접근성, 현장 처리의 용이성 및 교통영향이 다르므로 본 연구에서는 본선상의 사고만을 분석대상으로 하여 정리하였으며, 그 기준은 <표 3>과 같다.

자료는 단독, 이중, 다중 추돌로 구분하였으며, 도로상에 전개된 최종결과를 차종별로 정차, 전도 및 전복으로구분하였다. 분류기준은 <표 4>와 같다.

<표 2> 고객센터단 1개조의 관할구간 범위

공구	관할구간
1공구	서울기점(0km)~판교TG(16.7km)
2공구	판교TG(16.7km)~기흥IC(36km)
3공구	기흥IC(36km)~안성(63.2km)

〈표 3〉 수집자료의 정리기준

	자료정리 기준	자료수
정리자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 본선이외(갓길, 요금소, 휴게소, 램프부, 도로이탈등)의 자료 제외</li> <li>· 지속시간 누락자료 제외</li> <li>· 자가운행 가능한 경미한 사고 제외</li> <li>· 무단횡단자 충격사고 제외</li> </ul>	168건

차종을 소형 및 중대형으로 단순화한 이유는 첫째, 세부차종별(특히, 중/대형화물차)로 유의한 수준의 자료수집이 안되었기 때문이며, 둘째, 일반 견인차량이 견인 가능한 최대 적재중량인 4톤을 기준으로 하였다. 적재중량 4톤 이상의 차량 견인을 위해서는 별도의 대형견인차량이 필요하여 지속시간에 영향을 미치게 되므로 반드시 분류할 필요가 있다.

또한, 최종적으로 도로상에 전개된 사고의 결과가 중요한데 전도와 전복에 따른 지속시간의 차이를 규명할 수 있을 정도의 자료가 확보되지 않았기 때문에 전도와 전복을 통합하여 정차와 구분하였다. 향후 자료가 지속적으로 축적된다면 차종별 정차, 전도, 전복으로 세분하여 그 유의미한 차이를 규명할 수 있을 것이다.

이상과 같은 기준으로 연루된 차량수 별, 차종에 따른 사고결과별로 수집자료를 분류하면 〈표 5〉와 같다. 위와 같은 기준으로 정리된 수집자료의 기록내용으로

변수구성이 가능한 모든 경우를 고려하여 DB에 코딩하였다. 그밖에 23시부터 익일 06시까지를 심야 시간대로 구분하였는데 이 시간대는 교통량이 작고 운전자의 피로가 누적되어 있기 때문에 과속운행 및 졸음운전을 할 가능성이 높아 대형사고를 유발할 수 있기 때문이다. 눈 또는 비와 같은 환경적인 영향을 반영하기 위해 그 여부를 코딩하였으며, 차량화재 및 낙하물 여부를 구분하였다. 이러한 변수들은 가변수(dummy variable) 형태로 코딩하였으며, 자료는 〈표 6〉과 같은 형식으로 정리 입력하였다.

## V. 자료분석 및 모델링

### 1. 기초분석

#### 1) 사고발생의 시·공간적 특성

수도권내 경부고속도로상의 교통사고는 교통량이 적은 새벽 3:00~6:00와 오전 침두 이후인 10:00~13:00에 많이 발생하는 것으로 나타났고, 구간별로는 서울기점 17km(판교IC), 36km(기흥IC), 51km(남사) 지점이 사고가 빈번한 구간으로 나타났다.

교통사고 발생의 시공도는 〈그림 4〉와 같고 이러한 정보는 대응차량의 최적 대기위치 선정과 같은 대

〈표 4〉 차종 및 사고결과의 구분

차종구분	대상차량	단순화	사고결과	최종분류
승용차	승합차포함	소형차	정차	소형정차
소형화물차	적재중량 4톤 미만		전도 및 전복	소형전도(복)
중형화물차	적재중량 10톤 미만	중대형차	정차	중대형정차
대형화물차	적재중량 10톤 이상			
대형버스			전도 및 전복	중대형전도(복)

〈표 5〉 유형 및 결과별 자료의 수

	승용			소형			중형			대형		총계
	정차	전도	전복	정차	전도	전복	정차	전도	전복	정차	전도	
단독	25	6	9	5	7	2	4	6	1	5	5	75 (44.6)
이중	10	0	2	7	5	0	6	4	0	14	5	53 (31.6)
다중	15	0	1	5	2	1	2	3	0	11	0	40 (23.8)
총계	74 (29.8)	6 (3.6)	12 (7.1)	17 (10.1)	14 (8.3)	3 (1.8)	12 (7.1)	13 (7.7)	1 (0.6)	30 (17.9)	10 (6.0)	168 (100.0)

주) 괄호안은 비율임.

〈표 6〉 교통사고발생속보의 코딩

일자	시간	야간	비	전도(복)	화재	낙하물	승용차	소형	중형	대형	버스	총 차량수	사망	중상	경상	사상 지수	폐해 차량수	감지 시간	대응 시간	지속 시간
2000-01-01	3:00	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	2	5	2	25
2000-01-05	2:05	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	1	3	4	2	5	10	40
2000-01-13	5:00	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	2	2	1	0	8	20
2000-01-15	18:20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	3	1	5	10	30
2000-01-16	5:00	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	2	2	2	50	10	60
2000-01-20	23:10	1	0	0	0	1	0	0	1	3	0	4	0	0	2	2	4	5	18	180
2000-01-24	20:35	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	5	0	1	0	1	1	0	5	55
2000-01-27	5:00	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	5	5	30
2000-01-27	18:15	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	3	75
2000-02-08	13:00	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	3	0	0	1	1	1	5	10	30
2000-02-10	5:05	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	7	95
2000-02-14	7:40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	1	2	2	0	15	50
2000-02-14	7:40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	15	40
2000-02-25	13:05	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	10	30
2000-02-25	15:35	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	5	8	85
2000-03-02	6:25	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	2	5	35	70
2000-03-04	1:00	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	0	30
2000-03-06	12:00	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	17	45
2000-03-09	10:50	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	15	25
2000-03-10	20:15	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	9	35
2000-03-11	4:45	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	5	1	20
2000-03-20	7:20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	3	15
2000-03-28	3:40	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	3	0	1	3	4	3	5	5	140
2000-03-30	21:50	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	5	5	10
2000-04-01	13:20	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	13	14	40
2000-04-02	0:10	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	1	1	1	5	10	30
2000-04-04	6:25	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	2	10	20	45
2000-04-09	23:35	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	5	10	30
2000-04-19	10:50	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2	5	5	60
2000-04-20	6:15	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	1	0	1	2	1	5	14	55
2000-04-20	9:40	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	1	1	2	0	10	30
2000-04-23	12:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	2	2	2	5	10	60
2000-05-02	7:00	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	1	5	5	90
2000-05-05	4:00	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	3	1	0	0	1	2	5	20	55
2000-05-10	6:00	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	2	2	1	20	0	20

응체계 개선을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

2) 감지 및 대응시간 분석

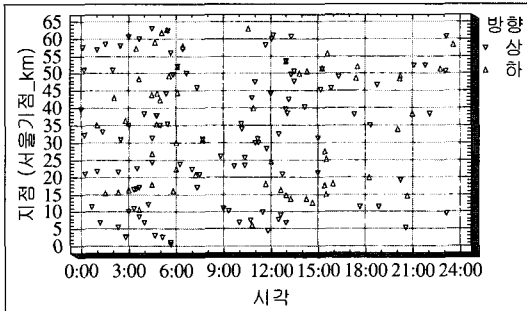
감지 및 대응시간의 합은 현장도착 소요시간으로 2차 사고의 방지 및 인명피해를 최소화하기 위해 상당히 중

요한 시간이다. 이동통신 사용율의 증가에 따른 운전자들의 즉각적인 제보와 정기적인 도로순찰로 인해 감지시간은 평균 5.2분으로 나타났으며, 대응시간은 평균 11분으로 현장도착까지는 평균 16.2분이 소요 되는 것으로 나타났다.



〈표 8〉은 감지, 대응시간과 지속시간에 대한 통계자료 요약결과이다. 돌발상황 지속시간은 평균 53.3분이었으며, 사분위 범위는 30분에서 60분인 것으로 나타났다.

돌발상황의 감지 및 대응시간 누적분포를 살펴보면 교통사고의 약 90%가 10분 이내에 감지되고, 80%를 20분 이내에 대응하고 있는 것으로 나타났다. 〈그림 5〉



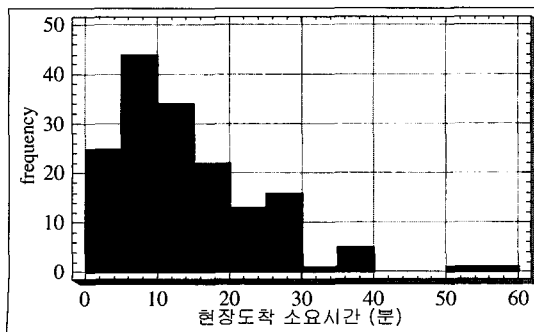
〈그림 4〉 교통사고 발생의 시공간도

〈표 7〉 용어 정의

시간	정의
감지시간	운전자 제보 및 순찰에 의해 상황발생이 인지(확인)될 때까지 걸리는 시간
대응시간	상황발생을 인지 또는 확인하고 현장에 도착할 때까지 걸리는 시간
처리시간	현장도착에서 처리완료까지의 시간
지속시간	상황발생에서 처리종료까지의 시간

〈표 8〉 돌발상황 감지, 대응, 지속시간(분)

구분	평균	중앙값	표준편차	25 percentile	75 percentile
감지시간	5.2	5.0	6.7	1.0	5.0
대응시간	11.1	10.0	10.3	5.0	15.0
지속시간	53.3	40.0	41.3	30.0	60.0



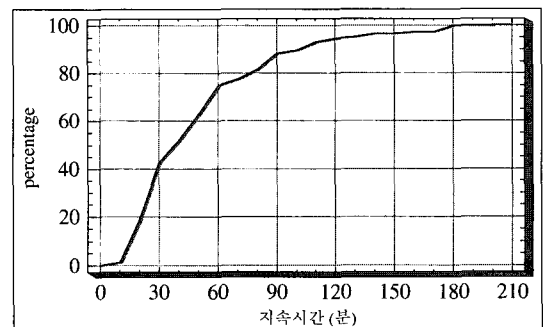
〈그림 5〉 현장도착 소요시간 빈도분포

는 현장도착 소요시간에 대한 빈도분포로 감지시간과 대응시간의 결합분포이다. 대부분 사고발생 후 30분 내에 현장에 도착하는 것으로 나타났으나, 50분 이상 소요되는 경우도 있었다.

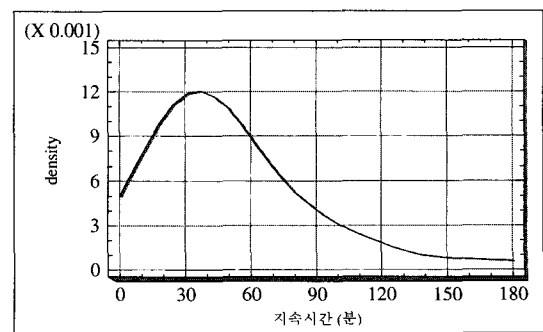
## 2. 지속시간 자료분석

돌발상황 지속시간은 감지, 대응, 처리시간으로 구성되고 돌발상황의 발생에서 처리완료까지의 시간으로 정의한다. 이는 돌발상황에 의해 물리적으로 차로가 차단된 시간(lane blocking time)을 의미하며, 이 시간동안은 물리적인 도로의 용량 감소뿐만 아니라 추가적으로 운전자들의 관망(rubber-necking)에 의한 용량 감소가 발생하여 지체 및 대기행렬을 유발하게 한다.

따라서, 지속시간을 최소화하는 것이 돌발상황 관리체계의 주요 목표가 되어야 하며 이와 함께 교통정보의 제공 및 우회전략을 통해 상류 수요를 감소시킴으로 돌발상황에 따른 교통영향을 최소화하도록 노력해야 한다. 〈그림 6〉은 수집자료의 지속시간 누적분포를 나타내며, 전체의 약 80%는 1시간 이내에 처리



〈그림 6〉 돌발상황 지속시간 누적분포



〈그림 7〉 돌발상황 지속시간 밀도분포

가 종료됨을 알 수 있다.

〈그림 7〉은 지속시간의 밀도분포이며, 지속시간이 20분에서 40분인 경우가 가장 높게 나타나고 있다.

### 3. 지속시간 예측을 위한 모델링

모형에 사용되는 입력(독립)변수는 돌발상황의 확인시점에서 수집 가능한 상황정보들을 이용하는 것을 기본으로 한다. 168건의 자료 중 모델평가를 위해 무작위로 20건의 자료를 선정하였으며 나머지 148건의 자료를 이용하여 모델링 하였다.

수집된 자료는 야간, 비, 눈, 중대형 전도(복), 화재 및 낙하물 여부와 같은 가변수(dummy variable)와 연루된 차량 수, 사상자 수, 폐쇄 차로 수, 감지 및 대응시간과 같은 연속형 변수(continuous variable)로 구성되며, 각 변수의 자세한 설명은 〈표 9〉와 같다.

〈표 9〉 변수설명

변수	설명	단위
심야	23시에서 익일 06시까지의 시간대에 발생하였을 경우	1or0
눈/비	눈/비가 내리는 경우	
중대형 전도(복)	4톤 이상의 화물차가 전도 및 전복되는 경우	
화재	차량에 화재가 발생한 경우	
낙하물	도로상에 차량 적재물이 유포된 경우	
연루 차량수	돌발상황에 연루된 차종별 차량수	대
사상자수	사망, 중상, 경상자 수	명
폐쇄 차로수	돌발상황에 의해 폐쇄된 차로의 수	차로
감지시간	상황발생에서 상황접수까지의 시간	분
대응시간	상황접수에서 현장도착까지의 시간	분

#### 1) 상관분석

지속시간과 각종 변수와의 상관분석결과 신뢰수준 90%에서 통계적으로 유의하고, 0.3이상의 상관관계를 갖는 독립변수는 중대형 화물차량의 전도 및 전복, 낙하물 여부, 승용차 수, 대형, 중대형 화물차량 수, 폐쇄차로 수인 것으로 나타났다.

돌발상황에 연루된 차량수와 사상자수 같은 경우 예상과는 다르게 유의한 상관관계를 보이지 않았다. 연루 차량수의 경우 차종에 따라 세분하여 분석하면 중대형

〈표 10〉 지속시간과 각종 변수와의 상관계수

심야	비	심야 or 비	중대형 전도	화재	낙하물	승용차수
0.26 (0.00)	0.13 (0.13)	0.22 (0.01)	0.39 (0.00)	-0.01 (0.92)	0.61 (0.00)	-0.31 (0.00)
소형차수	중형차수	대형차수	중대형차수	버스	총차량수	사망자수
0.03 (0.69)	0.28 (0.00)	0.47 (0.00)	0.52 (0.00)	0.02 (0.78)	0.02 (0.77)	-0.02 (0.80)
중상자수	경상자수	사상자수	폐쇄차로수	감지시간	대응시간	현장도착시간
0.01 (0.90)	0.01 (0.92)	0.01 (0.93)	0.32 (0.00)	0.00 (0.99)	0.18 (0.03)	0.15 (0.07)

주) 괄호안의 숫자는 P값, 자료 수는 148건.

차종에서 상관관계를 보이고 있는 것으로 나타났다.

승용차 수의 경우 음의 상관을 나타내고 있는 데 이는 통상적으로 교통량이 많은 지정체 상황에서 연쇄추돌 사고가 발생함에 따라 연루된 차량의 수는 많지만 상대적으로 경미한 사고들이 많았기 때문이며, 단독사고의 경우 과속이나 졸음운전에 의한 심각한 사고가 많이 발생하기 때문이다. 또 다른 이유는 민간 견인차량이 충분하게 배치되어 있어 연루된 차량수가 지속시간에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다. 사고에 연루된 승용차 수가 많을수록 지속시간이 줄어드는 것은 그 만큼 심각도에서 차이가 있기 때문에 현실적인 결과로 판단된다. 사상자수의 경우 유의한 상관관계를 갖지 않는 것으로 나타났다. 이를 보완하기 위해 사상자수와 폐쇄차로수의 곱으로 표현되는 '심각도'라는 변수를 추가하였다.

일반적으로 회귀분석은 종속변수와 독립변수 모두 연속형 자료일 때 가능한데, 본 연구의 수집자료에는 야간, 눈비, 화재 및 낙하물 여부와 같이 범주형 자료가 다수 포함되어 있기 때문에 이러한 자료는 가변수(dummy variable)의 형태로 부호화하는 방법을 이용하였다. 수집자료는 특성에 따라 2개의 자료군으로 분리하여 연속형 변수와 범주형 변수의 조합을 통해 중회귀 모형(multiple regression model)을 제시한다.

#### 2) 주·야간 분리모형

야간은 23시부터 06시까지의 심야 시간대로 이 시간대의 사고는 대형사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 사고의 심각도가 다른 주간과 야간으로 자료를 분리하여 모형을 제시한다.

<Model I>

- 주간(06시~23시)일 경우

$$Y = 13.28X_2 + 31.55X_4 + 59.04X_5 + 3.58X_6 + 13.76X_7 + 1.08X_8 \quad (4)$$

- 야간(23시~06시)일 경우

$$Y = 31.22X_1 + 23.84X_2 + 78.88X_3 + 9.22X_6 + 9.58X_7 \quad (5)$$

Y : 지속시간 (분)

X<sub>1</sub> : 중대형 화물차량 전도(복)이면 1, 아니면 0

X<sub>2</sub> : 화재 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>3</sub> : 낙하물 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>4</sub>/X<sub>5</sub> : 소형/대형 낙하물 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>6</sub> : 돌발상황에 연루된 총 차량수

X<sub>7</sub> : 폐쇄차로수

X<sub>8</sub> : 사상자수

주간에 비해 야간에 대한 설명력이 우수하였으나, 표준오차에서는 야간이 높은 것으로 나타났다. 그 이유는 야간에 대형사고가 많이 발생하여 지속시간이 상대적으로 크기 때문이다.

다음은 각 모형에 대한 회귀분석 결과이다. 모형의 각 회귀계수는 신뢰수준 90%하에서 유의한 것으로 나타났다.

<표 11> 주·야간 분리모형의 통계분석 결과

모형	자료수(N)	R <sup>2</sup>	표준오차	F
주간	84	0.839	20.84	66.18
야간	64	0.872	29.38	80.49

3) 사상자 유무에 따른 모형

사상자 존재여부에 따라 자료를 구분하여 다음과 같이 두 가지로 모델링 하였다.

<Model II>

- 사상자 있을 경우

$$Y = 16.28X_2 + 22.36X_4 + 91.39X_5 + 6.41X_6 + 11.87X_7 \quad (6)$$

- 사상자 없을 경우

$$Y = 27.19X_1 + 31.73X_4 + 63.94X_5 + 18.63X_7 \quad (7)$$

Y : 지속시간(분)

X<sub>1</sub> : 심야이거나 비가 오면 1, 아니면 0

X<sub>2</sub> : 화재 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>3</sub> : 중대형 화물차량 전도(복)이면 1, 아니면 0

X<sub>4</sub> : 소형 낙하물 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>5</sub> : 대형 낙하물 발생이면 1, 아니면 0

X<sub>6</sub> : 돌발상황에 연루된 총 차량대수

X<sub>7</sub> : 폐쇄차로수

위의 두 모형들은 99% 신뢰수준에서 변수간에 통계적으로 유의한 관계를 갖는다. 두 모형의 R<sup>2</sup>값, 표준오차, F값과 회귀분석 결과는 <표 12>와 같다.

<표 12> 사상자 여부에 따른 모형의 통계분석 결과

	자료수	R <sup>2</sup>	표준오차	F
사상자 유	101	0.849	22.72	107.67
사상자 무	67	0.870	25.23	104.99

4) 통합모형

위에서는 148건의 자료를 사고의 특성에 따라 자료군을 이분하여 개별모형을 제시하였다. 여기서는 사고의 특성구분 없이 전체 자료를 이용하여 통합모형을 구축한다. 모형은 상수항이 있는 경우와 없는 경우로 두 가지를 제시하였다.

<Model III>

$$Y = 12.77X_1 + 17.52X_2 + 16.87X_3 + 29.16X_4 + 73.84X_5 + 5.34X_6 + 10.67X_7 \quad (8)$$

<표 13> 통합모형의 통계분석 결과

	자료수(N)	R <sup>2</sup>	표준오차	F
상수항 무	168	0.856	24.84	119.90
상수항 유	168	0.628	23.09	33.71

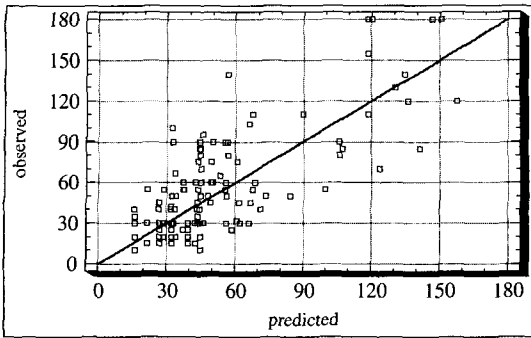
<Model IV>

$$Y = 28.66 + 8.30X_1 + 10.81X_2 + 15.03X_3 + 25.35X_4 + 70.42X_5 + 10.84X_8 + 1.45X_9 \quad (9)$$

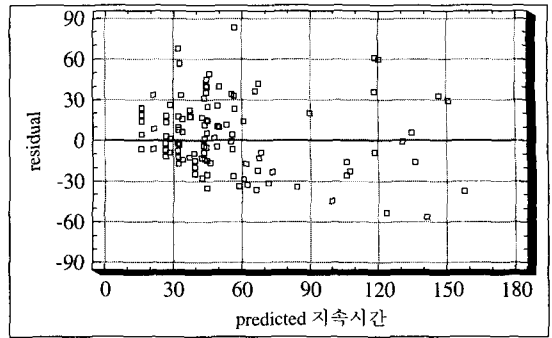
Y : 지속시간(분)

X<sub>1</sub> : 심야 시간대(23시~06시)이면 1, 아니면 0

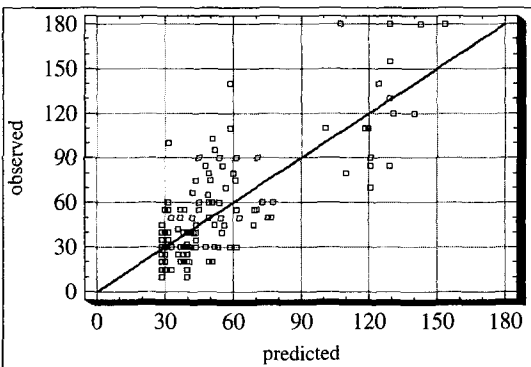
X<sub>2</sub> : 중대형 화물차량 전도(복)이면 1, 아니면 0



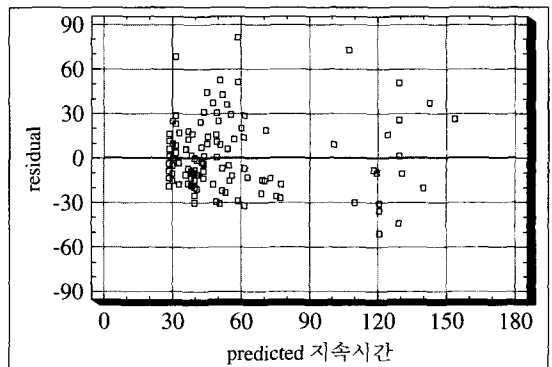
〈그림 8〉 상수항이 없는 통합모형의 관측값 vs. 예측값



〈그림 10〉 상수항 없는 통합모형(Model III)의 잔차도



〈그림 9〉 상수항이 있는 통합모형의 관측값 vs. 예측값



〈그림 11〉 상수항 있는 통합모형(Model IV)의 잔차도

- $X_3$  : 화재 발생이면 1, 아니면 0
- $X_{4/5}$  : 소형/대형 낙하물 발생이면 1, 아니면 0
- $X_6$  : 돌발상황에 연루된 총 차량 대수
- $X_7$  : 폐쇄차로 수
- $X_8$  : 중대형 화물차량 대수
- $X_9$  : 사상자수

상수항 유무에 따라 모형에 포함되는 유의한 독립변수가 틀려지며 상수항이 없는 경우에 연루 차량수와 폐쇄 차로수가 유의한 변수로 모형에 포함되었다.

상수항이 없는 경우 R2값이 수치적으로 높지만 이는 상수항이 없는 경우와 직접 비교할 수 없으며, 표준 오차는 상수항이 있는 경우가 더 작은 것으로 나타났다.

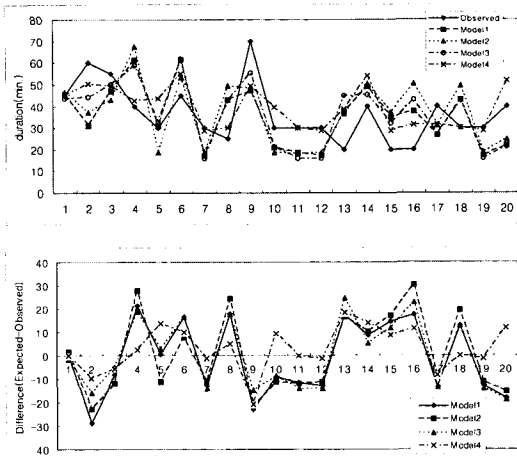
다음은 회귀모형의 기본가정 중에 하나인 잔차의 동분산성(homo-scedasticity) 가정을 만족하는지를 알아보기 위한 잔차도(residual plot)이다. 지속시간이 클수록 분산이 커지는 경향이 있지만, 수집자료가 지속시간이 작은 쪽으로 편되어 있기 때문에 명

확한 판단은 유보하고자 한다.

#### 4. 모형의 정확성 평가

모형의 정확성을 평가하기 위해 모델링에 사용하지 않은 20건의 자료를 이용하였고, 비교평가를 위해 주야간 분리모형을 Model I, 사상자 유무에 따른 분리모형을 Model II, 상수항 없는 통합모형을 Model III, 있는 통합모형을 Model IV로 명명한다. 〈그림 12〉는 실제 지속시간(observed value)과 각 모형에 의해 예측된 지속시간(expected value)의 값을 표시하고, 그 차이를 비교한 것이다. 실제 지속시간과 예측된 지속시간 차이의 절대값 평균(Mean Absolute Error)을 모형평가를 위한 기준으로 활용하였으며, 평가결과는 〈표 14〉와 같다.

〈Model IV〉인 상수항을 포함하고 있는 통합모형이 가장 우수한 것으로 나타났으며 전반적으로 오차 범위 15분 이내에서 지속시간을 예측하고 있는 것으로 나타났다.



〈그림 12〉 각 모형의 정확성 평가결과

〈표 14〉 모형평가 결과

모형		자료수(N)	MAE	순위
I	주간	84	13.91	3
	야간	64		
II	사상자 유	101	15.22	4
	사상자 무	67		
III	통합(상수항 무)	168	13.33	2
IV	통합(상수항 유)	168	7.70	1

## VI. 결론 및 향후 연구과제

### 1. 결론

본 논문에서는 한국도로공사의 고객지원단이 현장에서 기록하는 교통사고 발생속보 자료를 이용하였으며, 돌발상황의 확인단계에서 수집 가능한 변수로 구성되는 중회귀 모형을 개발하였다.

상관분석 결과 돌발상황 지속시간은 중대형 화물차량의 전도 및 전복, 낙하물, 중대형 화물차량 대수, 폐쇄 차로수와 유의한 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다.

전체자료는 특성별로 2개의 자료군으로 분리하여 주·야간 모형(Model I), 사상자 여부에 따른 모형(Model II)을 제시하고, 전체 자료를 이용한 통합모형(Model III, IV)을 제시하였다.

모형평가를 위해 20건의 새로운 자료를 사용하였으며, 오차 절대값의 평균(MAE)을 기준으로 볼 때

상수항이 있는 통합모형인 Model IV가 가장 우수한 것으로 나타났다. Model IV의 경우 연루된 총 차량수, 폐쇄 차로수 및 환경적 영향(비, 눈)과 같은 중요 변수가 유의하지 않아 모형의 독립변수로 채택되지는 않았지만 향후 충분한 자료의 축적이 이루어진다면 채택될 가능성이 있는 변수로 판단된다.

### 2. 향후 연구과제

우선 모형의 일반화를 위해서는 도로조건, 교통특성 및 대응기관의 운영특성 등이 상이할 가능성이 있는 수도권 외의 지방부 고속도로에 대한 추가적인 분석이 필요하며, 이에 따른 모형의 calibration이 요구된다.

둘째, 본 논문에서는 발생확률이 높은 경미한 사고자료가 상당수 수집되었으나 지속시간 60분 이상의 대형사고 자료수가 적어서 세부적인 통계분석에 한계가 있었다. 특히, 화재, 낙하물, 중대형 화물차량의 전도 및 전복 사고자료의 추가수집이 필요하다고 판단한다.

또한, 모형의 정확성 향상을 위해서는 첫째, 국내의 돌발상황 기록양식이 구체적이고 정확하게 작성되어야 한다. 특히, 발생 및 종료시간, 폐쇄차로, 사상자수, 연루된 차량의 종류 및 대수를 명확히 기록하여야 하며 처리에 사용된 대응차량의 종류 및 대수를 기록할 것을 제안한다.

마지막으로 돌발상황이 야기할 교통류에 대한 영향을 평가할 필요가 있다. 이를 위해서는 지속시간, 교통량 수준 및 폐쇄 차로수의 변화에 따라 다양한 경우에 대한 수학적 계산 및 시뮬레이션을 통한 교통영향 산정이 필요하다. 지속시간이 교통영향 산정(예를 들어, 대기행렬, 총지체)을 위한 입력변수임을 감안할 때 교통량이 용량수준이거나 폐쇄 정도가 심각한 경우 대기행렬의 길이는 지속시간의 오차에 매우 민감하게 반응할 것이다. 그러므로 지속시간, 교통수요, 폐쇄 차로수를 입력변수로 하여 대기행렬, 지체, 정상류 회복시간과 같은 교통영향권을 산정하는 국내의 방법론 및 모형 개발이 따라야 한다고 사료된다.

### 참고문헌

1. 한국도로공사(2000), "고속도로 FTMS구축편람 수립", pp.165~188.

2. 김두섭 외(2000), "회귀분석 : 기초와 응용", 나남출판, pp.47~114.
3. 김우철 외(1998), "현대통계학", 영지문화사, pp. 275~317.
4. 건설교통부(2001), "돌발상황 처리시간 예측 알고리즘 개발", 경기대학교.
5. 한국도로공사(2000), "고속도로 교통소통 통합관리체계 수립연구".
6. 한웅구(2000), "유고지속시간 추정 모형식의 개발", 아주대학교 석사학위논문.
7. Asad J. Khattak et al(1995), "A Simple time sequential Procedure for predicting freeway incident duration", IVHS Journal, Vol.2(2), pp.113~138.
8. Bryan Jones et al(1991), "Analysis of the frequency and duration of freeway accident in SEATTLE", Accid. Anal & Prev, vol.23, No.4, pp.239~255.
9. Doohee Nam & Fred Mannering(1998), "An exploratory hazard-based analysis of highway incident duration", Transportation Research.
10. ADVANCE project Technical Report(1994), "Duration and Travel time Impacts of Incidents", Northwestern University.
11. FHWA(1997), "Freeway Management Handbook", Module 8, pp.8-1~8-42.
12. Garib et al(1997), "Estimating Magnitude and Duration of Incident Delays", Journal of Transportation Engineering, Vol.123, No.6, pp. 459~466.
13. TRB(2000), "Highway Capacity Manual 2000".
14. Ozbay & Kachroo(1999), "Incident Management in Intelligent Transportation Systems", Artech House, pp.83~131.
15. Manugistics(2000), "Statgraphics 5 plus manual".

✉ 주 작 성 자 : 신치현

✉ 논문투고일 : 2002. 3. 7

논문심사일 : 2002. 4. 11 (1차)

2002. 5. 10 (2차)

2002. 5. 21 (3차)

심사판정일 : 2002. 5. 21

✉ 반론접수기간 : 2002. 10. 30