

고속도로 사고등급별 돌발상황 처리시간 예측모형 및 의사결정나무 개발

The prediction Models for Clearance Times for the unexpected Incidences According to Traffic Accident Classifications in Highway

하 오 근*
(Oh-Keun Ha)

박 등 주**
(Dong-Joo Park)

원제무***
(Jai-Mu Won)

정철호****
(Chul-Ho Jung)

요 약

본 연구는 고속도로에서 발생하는 비반복적 정체 중 교통사고로 인하여 발생하는 돌발상황에 대한 운영관리 부족 및 처리시간에 대한 정보제공 요구증가에 따라 이에 대응할 수 있는 돌발상황 처리시간 예측모형개발을 개발하였다. 돌발상황 처리시간 예측모형을 개발하기에 앞서 종속변수인 사고처리시간을 사고등급 A, B, C등급으로 구분하였으며, 독립변수로는 교통량, 사고차량수, 사고시간대 등 총 15개 변수를 적용하여 모형을 개발하였다. 모형도출결과 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 주요변수로는 교통량, 중차량포함여부, 사고시간대가 도출되었다. 또한 돌발상황 처리시간 예측모형에서 영향 변수로 도출된 변수들을 토대로 의사결정나무를 구축하였으며, 이때 CHAID기법을 적용하였다. 그 결과 1차적으로 사고등급 A, B등급과 C등급으로 구분되었으며, 2차적으로는 도로의 교통량으로 분리되었다. 본 연구를 통하여 도출된 돌발상황 처리시간 예측모형과 의사결정나무를 통하여 향후 고속도로 돌발상황 발생시 도로이용자들에게 보다 신속하고 실효성있는 교통정보를 제공하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract

In this study, a prediction model for incident reaction time was developed so that we can cope with the increasing demand for information related to the accident reaction time. For this, the time for dealing with accidents and dependent variables were classified into incident grade, A, B, and C. Then, fifteen independent variables including traffic volume, number of accident-related vehicles and the accidents time zone were utilized. As a result, traffic volume, possibility of including heavy vehicles, and an accident time zone were found as important variables. The results showed that the model has some degree of explanatory power. In addition, when the CHAID Technique was applied, the Answer Tree was constructed based on the variables included in the prediction model for incident reaction time. Using the developed Answer Tree model, accidents firstly were classified into grades A, B, and C. In the secondary classification, they were grouped according to the traffic volume. This study is expected to make a contribution to provide expressway users with quicker and more effective traffic information through the prediction model for incident reaction time and the Answer Tree, when incidents happen on expressway.

Key words: Incidents, prediction model for incident reaction time, answer tree, accident grade

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 연구교수

** 공저자 및 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 부교수

*** 공저자 : 한양대학교 도시대학원장

**** 공저자 : 한국도로공사 대관령지사

† 논문접수일 : 2009년 8월 24일

† 논문심사일 : 2009년 11월 5일

† 게재확정일 : 2009년 11월 10일

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

고속도로에서 발생하는 혼잡은 도로이용자에게는 통행시간의 증가, 도로관리자에게는 비효율적인 도로운영으로 인하여 막대한 사회적 비용을 초래하게 된다. 이러한 도로의 혼잡은 크게 반복적 혼잡(recurrent congestion)과 비반복적 혼잡(non-recurrent congestion)으로 구분할 수 있는데, 반복적 혼잡은 정기적으로 발생하는 교통혼잡으로 출·퇴근시간에 집중적으로 발생되며, 비반복적 혼잡은 도로상의 교통사고 및 고장차량 등과 같은 돌발상황으로 인하여 발생하는 특징을 나타낸다.[1]

돌발상황이란 도로의 용량을 일시적으로 감소시키는 사건으로 예측가능한 사건과 예측불가능한 사건으로 구분할 수 있다. 예측가능한 사건은 도로의 운영 및 관리를 통하여 예방할 수 있으나, 예측불가능한 사건인 교통사고, 차량고장, 기후변화로 인한 돌발상황은 언제, 어디서, 어떻게 발생할지 모르기 때문에 이에 대한 대처 및 관리방안이 모색되어야 한다.

비반복적으로 발생하는 돌발상황에 대비하여 효율적인 돌발상황 관리체계(Incident management systems) 구축에 대한 필요성이 증대되고 있으며, 돌발상황 발생시 교통관리센터 운영자가 개략적으로 돌발상황의 영향을 파악, 대응할 수 있는 돌발상황 처리시간 예측모형이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 고속도로 비반복적 혼잡을 일으키는 교통사고(고속도로 “07년 평균 84.5%)에 초점을 두고 돌발상황 처리시간 예측모형을 개발하고 주요영향인자를 도출하였다. 또한 돌발상황 특성에 따른 돌발상황 관리체계 구축을 위하여 의사결정나무(Decision Tree)를 제시함으로써 고속도로 운영·관리에 적용할 수 있는 방안을 제시하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 경부고속도로(양재 ~ 부

산구간)이며, 이는 2003년에서 2007년까지 발생한 돌발상황 이력자료를 대상으로 하였으며, 내용적 범위는 다음과 같으며, 크게 4개 부분으로 구분할 수 있다.

첫째, 돌발상황에 대한 이론적 검토 및 돌발상황 처리시간 예측관련 기존연구를 통하여 기존연구의 한계점 및 착안점을 도출하였다.

둘째, 돌발상황 처리시간 예측모형개발을 위하여 고속도로에서 발생한 돌발상황 처리시간에 대한 이력자료수집 및 기초통계분석을 실시하였다.

셋째, 사고등급별(A, B, C 등급)¹⁾ 돌발상황 처리시간을 종속변수로 하여 이에 영향을 미치는 독립변수를 이용한 돌발상황 처리시간 예측모형개발을 통하여 이에 영향을 미치는 주요변수를 도출하였다.

마지막으로 돌발상황 발생에 따른 의사결정시스템 구축을 위하여 Decision Tree를 이용한 분석결과를 제시하였다.

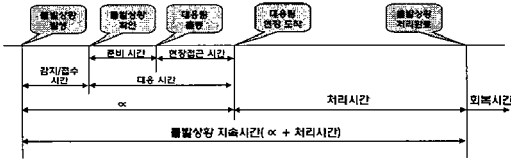
II. 문헌고찰

1. 돌발상황의 개념(2)

돌발상황이란 도로의 용량을 일시적으로 감소시키는 돌발적인 상황으로 교통사고, 고장차량, 낙하물 등이 있다. 이러한 돌발상황은 반복적 정체와 달리 도로의 정체뿐만 아니라 인명 및 물적피해를 유발하지만 운전자 및 대응기관의 조치에 따라 그 영향을 최소화할 수 있기 때문에 교통관리장의 입장에서는 효율적인 돌발상황 관리체계(Incident Management Systems)를 구축하여 대응해야 할 필요가 있다.

돌발상황관리 절차는 4단계 <그림 1>과 같이 구성되며, 돌발상황 감지(Incident detection), 대응(Response), 처리(Clearance), 그리고 회복(Recover)등으로 구성된다. 상기 돌발상황의 시간구성 요소중 돌발상황 지속시간은 교통관리의 측면에서 매우 중요한 요소이다. 교통정보 운영자는 돌발상황의 신속한 처리

1) 한국도로공사에서 구분하는 사고등급을 적용하였음. A등급 : 사망3명이상, B등급 : 사망1명이상, C등급 : 부상1명이상



<그림 1> 돌발상황 시간구성

<Fig 1> Temporal composition of unexpected Incidences

를 위하여 대기행렬, 지체도, 정상류 회복 예측시간과 같은 교통영향의 산정, 교통정보의 제공범위 및 교통류 관리영역 설정을 필요로 하고 있다. 돌발상황 지속시간은 이러한 돌발상황 처리요소들의 산정에 가장 필요한 기본 인자값이며 교통관리센터 운영자와 현장처리반의 신속한 돌발상황 대응에 사용되고 있다. 따라서 지속시간의 예측에 사용되는 변수 또는 현실적으로 실시간 확인이 가능하게 설정되어야 한다.

2. 선행연구고찰 및 연구 착안점

한용구(2000)는 워싱턴주 도로국 교통관제센터의 95~96년 돌발상황 데이터를 이용하여 돌발상황 지속시간 회귀모형을 개발하였고, 유의한 변수로는 일기상태, 차단된 차로수, 화물차량 포함여부, 시간변수 등으로 도출되었다[3]. 건설교통부(2001)는 돌발상황 처리시간 예측 알고리즘개발을 위하여 한국도

로공사 돌발상황 자료를 이용하여 회귀식을 이용한 통합모형을 제시하고 돌발상황과 관련된 차량수를 기준으로 Decision Tree를 구축하였다[4]. 신치현 외(2002)는 한국도로공사 교통안전 발생속보자료를 이용하여 건설교통부보다 개선된 모형을 제시하였다. 제시된 모형은 주·야간의 자료를 구분한 모형과 사상자 존재여부에 따른 고속도로 돌발상황 지속시간 예측모형을 제시하였다[5]. 허순영(2005)은 고속도로 돌발상황 발생시 대응시간, 처리시간, 지속시간 추정에 관하여 각 단계별로 생존분석인 로그-로지스틱, 와이블, 지수모형을 적용하여 돌발상황 지속시간을 예측하였다[6].

FHWA(1991) 돌발 상황 예측 및 지체에 대한 연구로서 특정 돌발상황으로 인한 차로 폐쇄 수와 그에 따른 예측, 총 돌발상황 처리시간 예측, 현장 수요를 바탕으로 돌발상황으로 인한 지체를 예측하였다[7]. Vaneet 외(1994)는 Illinois DOT에서 제공하는 121건의 돌발상황 기록자료를 토대로 모형을 개발하였는데 돌발상황 지속시간 모형개발시 운영변수, 유형변수, 환경변수, 기타변수 등 총 11개변수를 이용하여 회귀모형을 도출하였다[8]. Garib(1997)은 고속도로와 램프에서 loop 검지기로 수집된 30초단위의 교통량, 속도, 점유율에 대한 자료를 토대로 LOG 회귀모형을 적용하였고 돌발상황 지속시간에 영향을 미치는 변수로는 사고차량수, 트럭포함여부, 시간, 기상상태

<표 1> 기존연구의 한계점 및 연구의 착안점

<Table 1> Limitations of Literature and the viewpoint of this study

기존 연구의 한계점	연구의 착안점
- 돌발상황 지속시간은 대응시간과 처리시간으로 구분되는데 이에 대한 명확한 구분 없이 연구가 진행되고 있음.	- 본 연구에서는 돌발상황 지속시간 중 처리시간에 초점을 맞추어 연구를 수행함.
- 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 교통량에 대한 고려가 미흡함	- 교통량에 대한 변수를 고려하여 돌발상황 처리시간 모형을 도출하고자 함.
- 교통사고는 사고의 등급에 따라 구분되며 이러한 사고등급에 따라 발생하는 돌발상황 처리시간의 크기는 다를 것임에도 불구하고 이를 구분한 연구가 미흡한 실정임.	- 본 연구에서는 돌발상황 처리시간 예측모형을 도출함에 있어 한국도로공사에서 구분하는 사고등급인 A, B, C등급별 처리시간 예측모형을 도출하도록 함.
- 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 영향요인을 토대로 Decision Tree모형을 적용하여 사고유형별(사망, 부상, 물피사고)로 돌발상황 관리방안을 제시함.	- 본 연구에서는 돌발상황 처리시간 예측모형에서 유의하게 도출된 영향요인을 토대로 Decision Tree분석방법 중 CHAID를 이용한 Regression Tree를 이용하여 사고등급에 따른 돌발상황 관리방안을 제시함.

등이 유의한 변수로 도출되었다[9]. Kevin Smith (2001) 1994년 Virginia tech의 자료를 토대로 돌발상황의 유형과 도로형태에 따른 평균처리시간의 차이를 검증하였는데 분석결과 돌발상황의 처리시간은 사고유형과 밀접한 관련이 있는 것으로 분석되었고 처리시간에 영향을 미치는 요인에 대하여 Decision tree를 이용하여 결과를 제시하였다[10].

본 연구와 관련이 있는 기존연구를 통하여 도출된 기존연구의 한계점 및 본 연구의 착안점은 <표 1>과 같으며, 사고등급에 따른 돌발상황 관리방안 제시를 위하여 영향변수에 대한 다지분리(Multiway Split)를 수행하는 알고리즘인 CHAID 기법을 적용하였다.

Ⅲ. 자료의 수집 및 내용

1. 자료의 수집

연구의 공간적 범위는 경부고속도로(양재 ~ 부산)이며, 시간적 범위는 2003년부터 2007년까지 발생한 돌발상황 처리시간 및 사고특성에 관한 자료를 수집·정리하였다[11].

돌발상황에 의한 사고자료는 사고위치에 교량, 램프, 본선, 정류장, 진출입부, 터널, TG, 휴게소로 구분할 수 있으며, 본선구간에서 발생한 총 2,060건으로 전체사고의 88%를 차지하는 것으로 분석되었고, 본 연구에서는 본선구간을 연구의 대상으로 설정하였다.

<표 2> 경부고속도로 돌발상황 관련 사고현황
 <Table 2> The present state of unexpected Incidences related accidents on the Gyeong-bu Expressway

구 분	교량	램프	본선	정류장	진출입부	터널	TG	휴게소
2003	6	18	534	2	7	4	8	1
2004	3	18	488	0	3	2	13	3
2005	3	23	362	0	8	5	21	1
2006	6	28	351	3	9	5	19	1
2007	3	24	325	4	3	3	18	0
합계	21	111	2,060	9	30	19	79	6

2. 자료의 내용

돌발상황 처리시간의 이력자료에 대한 기초통계 분석 및 예측모형개발을 위하여 통계프로그램인 SPSS 15.0을 이용하였으며, 돌발상황 처리시간 예측모형개발을 위하여 종속변수인 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 독립변수들을 연속형 변수와 더미변수로 구분하여 정리하였으며 세부적인 변수들의 정의 및 설명에 대한 내용은 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 변수의 정의 및 설명
 <Table 3> Definition and description of variables

구분	변수명	구분내용	비고
종속 변수	전체사고	돌발상황 처리시간(분)	연속형 변수
	A등급사고		
	B등급사고		
	C등급사고		
독립 변수	주, 야구분	주:0, 야:1	더미 변수
	사고시간대	기타:0, 피크:1	
	사고요일	기타:0, 주말:1	
	화재사고	기타:0, 화재:1	
	평면선형	직선 (0, 0) 좌커브(1, 0) 우커브(0, 1)	
	종단구배	평탄 (0, 0) 오르막(1, 0) 내리막(0, 1)	
	날씨	맑음(0, 0, 0) 흐림(1, 0, 0) 비 (0, 1, 0) 눈 (0, 0, 1)	
	노면상태	건조 (0, 0) 습기 (1, 0) 적설 (0, 1)	
	중차량	기타:0, 중차량:1	
	사고차량수	대	
사망자수	명		
부상자수	명		
교통량	대/시간		
속도	kph	더미변수	
사고 등급	A등급		A등급(1,0)
	B등급		B등급(0,1)
	C등급	C등급(0,0)	

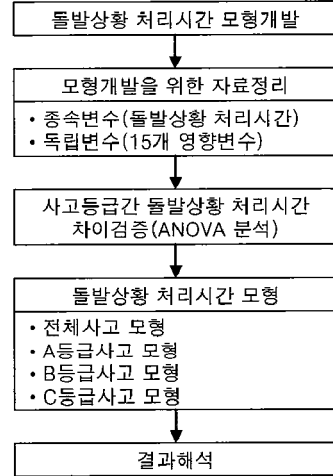
3. 상관분석 결과

돌발상황 처리시간 예측모형 도출에 앞서 주요 독립변수와 상관정도를 파악하기 위하여 상관분석을 실시한 결과는 다음과 같다. 분석결과 종속변수인 전체사고 돌발상황 처리시간과 사고차량수, 교통량이 신뢰수준 95% 이내에서 양(+)의 상관관계를 가지는 것으로 도출되어 모형개발 시 유의한 변수로 도출될 가능성이 높은 것으로 판단할 수 있다.

IV. 돌발상황 처리시간 예측모형개발

1. 모형개발의 방법론

돌발상황 처리시간 예측모형을 개발하기 위한 모형개발의 방법론은 다음과 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 모형개발의 방법론

<Fig 2> Model development methodology

<표 4> 상관분석 결과
<Table 4> Result of correlation analysis

구분	전체사고 처리시간	사고 차량수	사망 자수	부상 자수	교통량 속도	속도	
전체 사고 처리 시간	Pearson Correlation	1	.562(*)	.052	-.006	.685 (**)	-.056
	Sig. (2-tailed)		.028	.414	.930	.000	.387
사고 차량수	Pearson Correlation	.562(*)	1	.011	.153(*)	.140(*)	-.008
	Sig. (2-tailed)	.028		.863	.016	.027	.896
사망 자수	Pearson Correlation	.0052	.011	1	.232(**)	.052	.021
	Sig. (2-tailed)	.414	.863		.000	.411	.744
부상 자수	Pearson Correlation	-.006	.153(*)	.232(**)	1	.087	-.005
	Sig. (2-tailed)	.930	.016	.000		.171	.942
교통량	Pearson Correlation	.685(**)	.140(*)	.052	.087	1	-.028
	Sig. (2-tailed)	.000	.027	.411	.171		.661
속도	Pearson Correlation	-.056	-.008	.021	-.005	-.028	1
	Sig. (2-tailed)	.387	.896	.744	.942	.661	

2. 사고등급별 돌발상황 처리시간 차이검증

사고등급별 돌발상황 처리시간의 차이검증은 사고등급별 돌발상황 처리시간 예측모형을 도출할 필요성이 있는지를 검토하기 위하여 실시하였다. 이를 위하여 다음과 같이 가설을 설정하고 ANOVA 분석을 통하여 가설검정을 실시하였다.

H_0 : 사고등급간 돌발상황 처리시간에는 차이가 없다.

H_1 : 사고등급간 돌발상황 처리시간에는 차이가 있다.

사고등급에 따른 돌발상황 처리시간의 차이검증을 위한 ANOVA 분석결과를 살펴보면 F값이 155.202, Sig. .000으로 신뢰수준 95%이내에서 사고등급별로 돌발상황 처리시간에는 차이가 있는 것으로 도출되

<표 5> ANOVA 분석결과
<Table 5> ANOVA analysis result

구분	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	474192.901	2	237096.450	155.202	.000
Within Groups	3521269.555	1806	1527.666	-	-
Total	3995462.456	1808	-	-	-

<표 6> Scheffe(사후검증) 분석결과
Table 6. Scheffe(post hoc test) analysis result

구분	(I) 사고 등급	(J) 사고 등급	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
S c h e f f e	1.00	2.00	-30.82834*	2.06530	.000
		3.00	-75.57120*	7.44258	.000
	2.00	1.00	30.82834*	2.06530	.000
		3.00	-44.74286*	7.61528	.000
	3.00	1.00	75.57120*	7.44258	.000
		2.00	44.74286*	7.61528	.000

<표 7> 전체사고 돌발상황 처리시간 예측모형
Table 7. A model to estimate Clearance Times for unexpected Incidences in the entire accidents

구분	Unstandardized Coefficients		t-value	sig.
	β	Std. Error		
(Constant)	-13.268	12.501	-1.344	.180
교통량	.021	5.838	4.807	.000
주야구분	7.186	.012	2.724	.000
A등급	42.298	3.406	6.868	.007
B등급	8.239	3.541	2.021	.044

$R^2=0.665$, D-W : 1.912

었다. 따라서 사고등급에 따른 처리시간 모형개발이 필요한 것으로 판단할 수 있다.

또한 다중비교분석의 하나로 사후검증 중 Scheff 분석방법을 적용한 검증결과 사고등급 1(A등급), 2(B등급), 3(C등급)간의 개별비교결과도 서로 차이가 있는 것으로 분석되었다.

3. 돌발상황 처리시간 모형개발

1) 전체사고 돌발상황 처리시간 예측모형

전체사고 돌발상황 처리시간 예측모형에 영향을 미치는 요인으로는 A, B등급사고와 교통량, 돌발상황이 발생한 시간을 의미하는 주·야구분이 도출되었다. 이중 A등급사고는 사고의 심각도가 클수록 사고현장을 처리하는데 소요되는 시간이 길어짐을 의미하며, 계수값 42.298로 가장 큰 영향을 미치는 것으로 도출되었다. 주·야구분은 사고시간대가 낮보

<표 8> 사고등급별 돌발상황 처리시간 예측모형
Table 8. A model to estimate Clearance Times for unexpected Incidences by accident grade

구분	A 등급		B 등급		C 등급	
	β	t-value	β	t-value	β	t-value
(Constant)	-158.33	-3.59	-18.21	-0.19	-15.11	-2.78
교통량	0.05	4.51	0.02	3.97	0.05	5.35
중차량 포함	28.67	2.88	-	-	-	-
주야구분	36.45	2.87	-	-	-	-
화재사고 여부	-	-	32.87	5.31	-	-
사고차량수	-	-	-	-	3.09	5.52
R^2	0.665		0.591		0.434	

다는 밤일수록 교통사고현장을 처리하는데 소요되는 시간이 길어짐을 의미하며, 모형의 설명력을 나타내는 R^2 은 0.665로 도출되었다.

2) 사고등급별 돌발상황 처리시간 예측모형

사고등급별 돌발상황 처리시간 예측모형을 종속 변수를 사고등급으로 구분하여 모형을 도출하였으며, 세부적인 분석결과는 <표 8>과 같다.

돌발상황 처리시간에 공통적으로 영향을 미치는 공통요인으로 교통량이 도출되었다. 이는 교통사고가 발생한 구간으로 통행하는 교통량이 많을수록 사고현장을 처리하는 시간이 길어짐을 의미한다. 따라서 돌발상황 발생시 대상지역을 통행하는 운전자들에게 사고정보 및 우회경로 정보를 사전에 알려줌으로써 이용자측면에서는 통행시간절감, 운영자측면에서는 돌발상황의 신속한 처리로 긍정적인 영향을 미칠수 있을 것이다. 각 사고등급별 돌발상황 처리시간에 미치는 영향요인을 세부적으로 살펴보면 A등급사고에서는 중차량포함과 주·야구분이 영향을 미치는 것으로 나타났는데, 중차량포함은 교통사고시 중차량(4t이상)의 견인 및 적재물의 정리로 인하여 돌발상황 처리시간이 길어짐을 의미하며, 주·야구분은 앞서 언급한 것과 같이 교통사고현장이 어두운 관계로 신속한 처리에 애로사항이 있음을 의미하는 것이다. B등급사고에서는 화재사고여부가 영향을 미

치는 것으로 나타났다. 화재사고는 교통사고발생시 차량의 화재가 발생하였을 경우 화재진압 및 사고현장처리에 소요되는 시간이 길어짐을 의미하는 것이다. C등급사고에서의 사고차량수는 교통사고와 연관된 사고차량이 많을수록 교통사고현장을 처리하는 시간이 많이 소요됨을 의미한다.

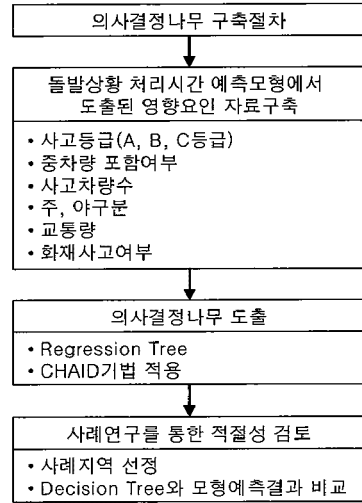
V. 돌발상황 처리시간 의사결정나무 구축

1. 의사결정나무 구축 방법론

교통사고로 인한 돌발상황 발생시 고속도로 운영관리의 의사결정나무(Decision Tree)를 제시하기 위한 모형을 도출하였다. 이는 돌발상황 발생시 교통정보 제공 및 돌발상황 처리시간 단축을 위한 영향요인을 도출하는데 의의가 있으며, 돌발상황 발생시 사고특성을 고려한 돌발상황 대응체계를 구축하는데 의의가 있다.

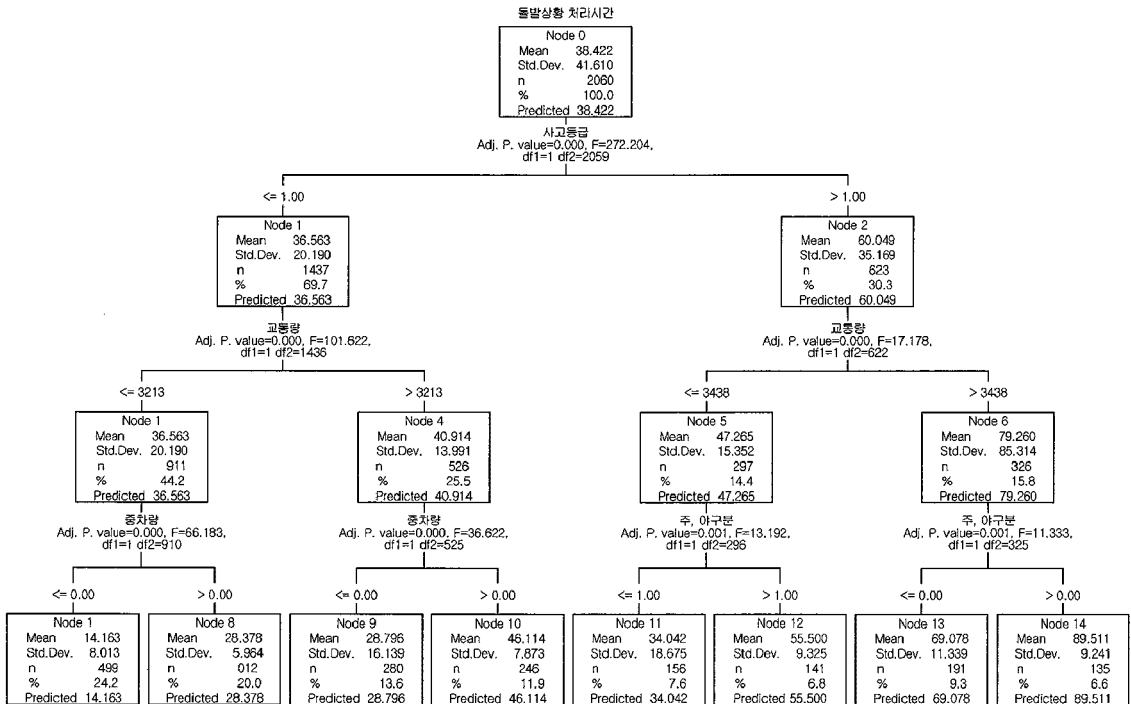
의사결정나무(Decision Tree) 구축을 위하여 Regre-

ssion Tree 분석방법 중 CHAID기법을 적용하였으며, 이는 방대한 데이터를 정리하고 분류하는 분석방법이다[12].



<그림 3> 의사결정나무 구축방법

<Fig 3> Method to establish the decision making tree



<그림 4> 돌발상황 처리시간 의사결정나무 도출결과

<Fig 4> Derived result of the decision making tree for Clearance Times for unexpected Incidences

2. 돌발상황 처리시간 의사결정나무 구축

고속도로 전체사고에 대한 돌발상황 처리시간 데이터를 이용하여 CHAID분석을 실시한 결과는 <그림 4>와 같으며, 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 요인 별로 자료가 분류되는 형태를 가지고 있다.

돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 첫 번째 변수는 사고등급으로 1이하인 C등급과 1이상인 A, B등급으로 나누어지는 것을 알 수 있다. 이는 교통사고 발생시 사고차량의 탑승자에 대한 사고심각도에 따라 사고현장을 처리하는 시간이 구분되는 것을 의미한다.

사고등급이 1이상인 A, B 등급으로 구분되어진 자료는 다음으로 교통량에 의해 구분되어진다. 앞서 분석한 돌발상황 처리시간 예측모형에서도 교통량은 처리시간에 영향을 미치는 주요변수로 도출되었으며, 교통량 3,438대/시를 기준으로 특성이 구분되며, 이는 교통량이 많을수록 돌발상황을 처리하는데 소요되는 시간이 오래 걸리는 것으로 해석할 수 있다.

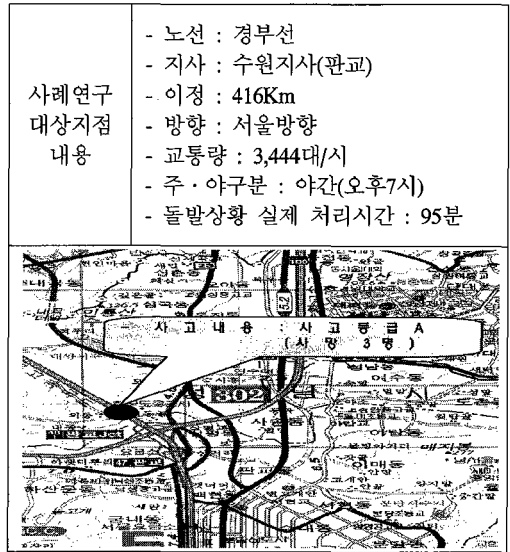
다음으로 사고차량수와 주·야구분으로 구분되는데 우선 사고발생시간대를 살펴보면 돌발상황이 발생한 시간대가 주간, 야간 중 야간에 발생한 사고에서 돌발상황 처리시간이 추가적으로 소요되는 것으로 분석되었다. 또한 사고차량수의 경우 돌발상황과 연관된 차량수가 1대 이상일 경우 돌발상황 처리시간이 많이 소요되는 것으로 분류되었다.

또한 교통사고 C등급의 영향요인 중에서 중차량의 경우는 일반렉카차량으로 견인하기 어려워 중차량 전용 렉카차량을 이용한 사고처리가 이루어져야 하므로 돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 요인으로 도출되었다.

이처럼 돌발상황 데이터의 분류에 따라 돌발상황 처리시간이 구분되는 경우는 다양하며 이를 세부적으로 설명하기에는 한계가 있으므로 <그림 4>에서 제시하고 있는 돌발상황 의사결정구조를 참고하면 세부적인 돌발상황 경우에 따른 정보를 파악할 수 있다.

3. 사례연구를 통한 적절성 검토

본 사례연구는 돌발상황 처리시간 의사결정나무



<그림 5> 사례연구 대상지점 내용
 <Fig 5> Content of the subject points of the case study

에서 제시된 결과를 이용하여 고속도로 돌발상황 발생시 교통운영관리 측면에서 어느 정도의 의미를 가지는지에 대한 사례분석을 실시하였다. 우선 실제 교통사고가 발생한 돌발상황 처리시간 이력자료와 예측모형을 이용한 돌발상황 처리시간결과, 의사결정나무의 기준을 통하여 도출된 돌발상황 처리시간을 비교 검토하였다. 사례연구에 적용한 대상지점의 돌발상황 발생 현황 및 상세내용은 다음과 <그림 5>과 같다.

경부고속도로 서울방향 이점 416Km상에서 발생한 교통사고는 A등급에 해당하는 교통사고로서 의사결정나무의 주요변수에 해당하는 현장자료를 토대로 의사결정나무에 의한 결과를 살펴본 결과 돌발상황 처리시간이 평균 89.511분으로 도출되었으며, 표준편차인 ±9.24분을 적용하면 80.27분~98.75분 사이에 존재하게 된다.

사례지역의 돌발상황 실제처리시간은 95분, 전체 사고 돌발상황 처리시간 예측모형에 의한 예측치는 92.766분으로 의사결정나무에 의한 기준과 비교해볼 때 각 각 유의한 범위내에 예측결과를 도출할 수 있는 것으로 나타났다.

예측모형과 의사결정나무의 결과를 이용함에 있

<표 9> 돌발상황 처리시간 예측결과 비교
 <Table 9> Comparison of results of estimate Clearance Times for unexpected Incidences

구 분	시간(분)
실제 돌발상황 처리시간	95분
전체사고에 모형에 의한 돌발상황 처리시간	92.766분
의사결정나무에 의한 돌발상황 처리시간	89.51±9.24

어 어느 정도 구분이 필요하다. 우선 돌발상황 처리 시간 예측모형은 교통사고 발생시 유의하게 도출된 변수들이 이용 가능한 경우에 적용할 수 있고, 돌발상황 처리시간에 대한 의사결정나무는 예측모형보다는 세밀하지 못하지만 교통사고가 발생한 교통여건을 쉽고 빠르게 적용함으로써 개략적인 돌발상황 처리시간을 판단하는 기준으로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 비반복적 정체의 일부분인 고속도로 돌발상황 처리시간 예측모형의 개발을 위하여 과거 고속도로 돌발상황 이력자료를 이용하여 전체사고, A등급, B등급, C등급사고에 따른 돌발상황 처리시간 예측모형을 개발하였다.

돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 주요변수로는 사고등급, 교통량, 주·야구분, 중차량포함여부, 사고차량수 등이 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 사고등급은 돌발상황 처리시간에 가장 큰 영향을 미치는 변수로서 본 연구에서는 사고등급을 A~C등급 사고로 구분하여 사고등급별 처리시간 예측모형을 별도로 도출하였다.

돌발상황 처리시간에 영향을 미치는 주요변수를 이용하여 고속도로 운영관리자가 돌발상황 발생시 신속히 적용할 수 있는 의사결정나무(Decision Tree)를 구축하였다. 이를 위하여 데이터 마이닝기법의 한 종류인 CHAID기법을 적용하여 의사결정나무(Decision Tree)를 도출하였으며, 1차적으로 사고등급에 의하여 심각한 사고인 A, B등급과 경미한 사고인 C등급으로 구분되었으며, 2차적으로는 대상도로의

교통량에 의하여 구분되어 지는 것으로 분석되었다.

본 연구에서 도출되어진 돌발상황 지속시간 예측모형과 의사결정나무(Decision Tree)를 통하여 고속도로 돌발상황 발생 시 도로이용자들에게 보다 신속하고 실효성 있는 교통정보를 제공하는데 기여할 수 있을 것으로 판단되며, 기존의 돌발상황 운영·관리 방식의 한계점을 보다 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

향후연구과제로는 본 연구의 공간적 범위는 경북 고속도로로서 전국의 고속도로를 대상으로 연구결과를 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 각 지역별 혹은 노선별 상황을 고려한 돌발상황 처리시간 예측모형의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

또한, 돌발상황 처리시간 영향변수의 다양한 고려가 필요하며, 변수 선정시 더미변수가 아닌 연속형 변수의 적용을 통하여 보다 현실적인 돌발상황 처리시간 예측모형의 개발이 필요하다.

마지막으로 고속도로 돌발상황으로 인한 처리시간도 중요하지만 이로 인하여 발생하는 교통정체 회복시간에 대한 연구도 중요할 것으로 판단되며, 이에 대한 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김재우, 도시고속도로 돌발상황 처리시간 예측모형의 개발, 서울시립대학교 교통공학과 석사학위논문, 2005. 8.
- [2] 김정훈, 고속도로 돌발상황 지속시간 예측모형 개발, 경기대학교 도시·교통학과 석사학위논문, 2002. 2.
- [3] 한용구, 유고지속시간 추정 모형식의 개발, 아주대학교, 석사학위논문, 2001. 2.
- [4] 건설교통부, 돌발상황 처리시간 예측알고리즘의 개발, 2001.
- [5] 신치현, 김정훈, “고속도로 돌발상황 지속시간 예측 모형 개발”, 대한교통학회지, 제20권 제2호, pp. 17~30, 2002. 6.
- [6] 허순영, Hazard함수를 이용한 고속도로 돌발상황 단계별 지속시간 추정연구, 공주대학교, 석사

- 학위논문, 2005. 2.
- [7] FHWA, *Freeway Incident Management Handbook*, Report No. FHWA-SA-91-056, Federal Highway Administration, Department of Transportation, USA, July 1991.
- [8] Vaneet, *duration and Travel Time Impacts if Incident*, ADVANCE Project Technical Report TRF-ID-202, November 1994.
- [9] Garib, A. E. Radwan and H. Al-Deek, "Estimating Magnitude and Duration of incident Delays", *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 123, Issue. 6, pp. 459-466, November/December 1997.
- [10] Kevin Smith and Brian L. Smith, *Forecasting the Clearance Time of Freeway Accidents*, Virginia CTS, Research Report No. UVACTS-15-0-35, September 2001.
- [11] 한국도로공사 내부자료, 2007.
- [12] 최종후, 한상태, 강현철, 김은석, 김미경, 이성건, *Answer Tree 3.0을 이용한 데이터마이닝 예측 및 활용*, 데이터슬루션, 2002.

저자소개

하 오 근 (Ha, Oh-Keun)



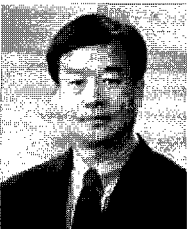
2002년 3월 : 관동대학교 교통공학과 (공학사)
 2005년 8월 : 한양대학교 도시대학원 SOC·교통학과 (공학석사)
 2009년 2월 : 한양대학교 도시대학원 도시개발경영학과 (공학박사)
 2009년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 공학대학원 강사
 2009년 4월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 연구교수

박 동 주 (Park, Dong-Joo)



1990년 2월 : 한양대학교 도시공학과 (공학사)
 1993년 8월 : 서울대학교 환경계획학과 교통전공 (공학석사)
 1998년 12월 : 미국 Texas A&M University (공학박사)
 2002년 4월 ~ 2002년 7월 : Asian Institute of Technology 토목공학과 조교수
 2002년 8월 ~ 2005년 7월 : 공주대학교 건설환경공학부 조교수/부교수
 2005년 8월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 부교수

원 제 무 (Won, Jai-Mu)



1974년 2월 : 한양대학교 토목공학과 (공학사)
 1976년 2월 : 서울대학교 환경대학원 도시 및 지역계획학 (공학석사)
 1979년 6월 : 미국 UCLA 대학교 도시계획학 (공학석사)
 1983년 12월 : 미국 MIT공대 도시 및 지역계획 (공학박사)
 1996년 ~ 현재 : 한양대학교 도시대학원 교수

정 철 호 (Jung, Chul-Ho)



1990년 3월 : 경기대학교 토목공학과 (공학사)
 2008년 8월 : 한양대학교 공학대학원 SOC·투자개발학과 (공학석사)
 1990년 11월 ~ 현재 : 한국도로공사 대관령지사 차장