

■ 論 文 ■

# 활주거리와 제동전 속도간의 상관관계에 관한 연구

A Study on Correlation Between Skid Distance and Pre-Braking Speed

**정 우 택**

(도로교통공단 본부 사고조사처장)

**오 영 태**

(아주대학교 환경건설교통공학부 교수)

**박 영 수**

(경찰청 교통안전담당관실 사고분석계장)

**류 태 선**

(도로교통공단 본부 사고조사처 선임과장)

## 목 차

I. 서론

- 1. 연구의 배경 및 목적
- 2. 연구의 방법 및 범위

II. 기존 연구문헌 고찰

- 1. 속도 산출의 이론적 배경
- 2. 기존 연구 고찰

III. 제동직전 속도분석 모형 개발

- 1. 실험방법 및 결과
- 2. 상관관계 분석 및 속도분석모형 개발
- 3. 속도분석모형의 적용 범위

IV. 결론 및 향후 과제

참고문헌

Key Words : 활주거리, 제동전 속도, 스키드마크, 제동거리, 제동실험

Skidding Distance, Pre-braking Speed, Skid Mark, Braking Distance, Braking Test

## 요 약

이 논문은 자동차의 급제동시 발생하는 스키드마크(skid mark, 활주거리)를 통해 제동직전 속도(Pre-braking Speed)를 정확히 산정하기 위한 방법론을 제시하고자 한다.

운전자는 전방에 위급한 상황이 전개되거나 불의의 사고에 처하게 되었을 경우 통상 급제동조치를 취하게 되며, 정지거리에 따라 사고를 당할 수도 있다. 자동차의 정지거리에 있어서 영향을 끼치는 요인은 운전자의 인지반응시간, 자동차 제동장치의 성능, 노면의 상태 등을 꼽을 수 있으나, 가장 중요한 요인은 제동직전 속도(Pre-Braking Speed)라고 할 수 있다. 현재 교통사고의 조사분야에서는 skid mark의 길이에 근거한 활주직전 속도(Pre-skidding Speed)를 산정하여 과속 여부를 판단하고 있으나, 정확한 사고원인 규명을 위해서는 불완전제동시간 동안 감속된 속도를 고려한 제동직전 속도의 산정이 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 교통사고시 자동차의 정확한 속도정보를 산정하기 위한 방법을 제안하고자 하며, 또한 이 연구가 향후 교통안전차원에서 자동차의 특성을 이해하는데 있어서 일조할 수 있기를 기대한다.

This paper investigates the accuracy of the vehicle pre-braking speed estimated based upon measured skidding distance. Driver ordinarily takes sudden braking when urgent situation is developed in the front or when the driver is involved in an unexpected situation, and the driver may be inflicted upon an accident depending on the required stopping distance. Among factors influencing the stopping distance of vehicle such as recognition response time of driver, performance of vehicle's braking device, and state of road surface etc, pre-braking speed is seemingly the most important influencing factor. Currently, in the investigating section of traffic accidents, the state of overspeed is determined by the pre-skidding speed calculated based on the length of skid mark. In order to identify the accurate cause of the accident, it is strongly recommended that estimation of pre-braking speed should be estimated taking into account speed reduction during transient time.

In this study, we propose a method for estimating more accurate exact speed information of vehicle at the time of traffic accident. The outcomes from this study potentially help better understanding of the characteristics of vehicle for traffic safety in the future.

# 1. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

자동차 운전자는 전방에 위급한 상황이 전개되거나 불의의 사고에 처하게 되었을 경우 통상 급제동 조치를 취하게 되며, 운전자의 인지반응시부터 최종 정지하기까지의 정지거리에 따라 사고를 당할 수도 있다. 자동차 정지거리에 있어서 영향을 끼치는 요인은 제동전 속도(Pre-braking speed), 운전자의 인지반응시간, 자동차 제동장치의 성능, 노면 상태 등을 꼽을 수 있으나, 그 중에서도 제동직전 속도가 가장 중요하다고 할 수 있다.

운전자의 급제동 조치에 의해 발생하는 스키드마크(skid mark)는 현재까지 교통사고 조사분야에서 속도분석 및 추정의 근거자료로 활용되고 있다. 그러나 스키드마크는 운전자가 브레이크를 밟는 시점에서 0.2~0.4초간 제동력 전달과정 상의 기계적 지연과 불완전제동시간 후에 진하게 나타나는 흔적으로 통상 제동시점부터 이 시간동안 감소되는 속도의 변화량을 배제한 활주 직전 속도(Pre-skidding speed)라고 할 수 있다.

현재 교통사고 조사분야에서는 스키드마크의 길이에 근거한 활주 직전 속도를 산정하여 과속 여부를 판단하고 있으나, 이러한 속도 산정방법으로는 대다수 범칙 과속의 범주를 벗어나게 되어 사고당사자들의 논란과 쟁점의 대상이 되고 있다. 따라서 운전자 및 자동차의 특성을 올바르게 이해하고 보다 정확한 사고 원인 규명을 위해서는 기계적 지연과 불완전제동시간 동안 감소된 속도를 고려한 제동직전 속도를 산정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 자동차 제동실험을 통해 얻어진 제동 직전 속도와 스키드마크(활주흔) 길이를 토대로 이들간의 상관관계를 규명하여 현행보다 합리적인 속도산정 방식을 제시하고자 한다.

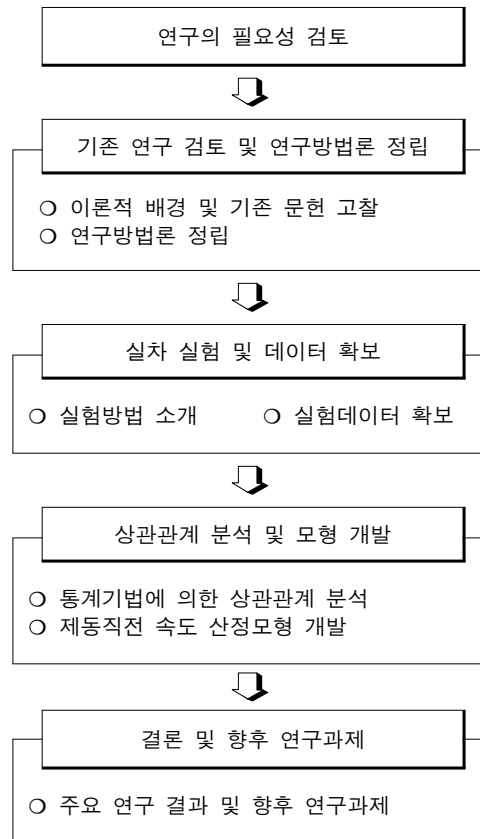
향후에는 이 연구결과가 교통사고 처리시 과속의 범주를 확대하여 운전자의 처벌을 강화하고 경각심을 일깨워 교통사고 감소에 일조하며, 거시적으로는 교통안전차원에서 운전자와 도로의 매개체인 자동차의 특성을 이해하고 발전시키는데 유용한 자료로 활용될 수 있기를 기대한다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 실차 실험을 통해 제동직전 속도와 활주거리 및 제동거리를 측정하고 통계적 분석을 통해 이들간의 상관관계를 규명하고자 한다.

연구의 방법 및 범위는 건조한 아스팔트 도로에서 4종의 국산승용차에 오륜장비(5th Wheel Assembly set, 답력인식장치 포함)를 장착하고 20~110km/h의 주행상태에서 급제동하여 얻어진 결과치에 한정된다.

실차실험시 운전자의 특성에 의한 제동거리의 차이를 감소시키기 위해 제동실험 경험이 있는 사고조사전문가 3명을 운전자로 하였으며, 조수석에 사고조사전문가 1명을 동승시켜 오륜장비를 전반적으로 제어하게 하였다. 또한 활주거리 데이터는 제동실험 후 노면에 발생된 스키드마크를 사고조사전문가 3~4명이 실측하여 확보하였다.



〈그림 1〉 연구개발 흐름도

## II. 기존 연구문헌 고찰

### 1. 속도산출의 이론적 배경(Basic Analytical Model)

스키드마크로부터 속도를 산정하기 위한 기본적인 모형은 스키드마크가 발생하는 경우 자동차의 운동에너지(Kinetic energy) 변화와 자동차에 행해진 일(Work)이 같다는 전제하에 물리적 산출방법을 통해 얻어진다.

$$\frac{1}{2}mv_{skid}^2 = F_F d_{skid} \quad (1)$$

- m : 자동차 중량(kg)
- $v_{skid}$  : 활주직전 속도(m/s)
- $F_F$  : 마찰력(frictional force)
- $d_{skid}$  : 활주거리(skid distance)

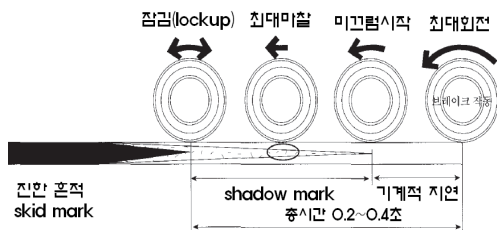
$$F_F = \mu_{skid} F_N = \mu_{skid} mg \quad (2)$$

- $F_N$  : 가해진 힘(normal force)
- $\mu_{skid}$  : 타이어-노면간 제동마찰계수
- g : 중력가속도(m/s<sup>2</sup>)

식(1), 식(2)을 통해 활주직전 속도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$v_{skid} = \sqrt{2\mu_{skid} g d_{skid}} \quad (m/s) \quad (3)$$

결국, 활주거리(skid distance)와 타이어-노면간 제동마찰계수값을 알고 있다면, 활주직전 속도를 산출할 수 있다. 그러나 운전자의 제동시점과 활주시점간에는 불완전제동구간이 존재하며, 식(3)과 같은 방법으로 속도를 산출할 경우에는 불완전제동구간의 속도변화를 배제한 최소한의 활주직전 속도가 산출된다(〈그림 2〉).



〈그림 2〉 스키드마크의 생성과정

식(1)~식(3)에 의거 제동직전 속도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{1}{2}mv_{brake}^2 - \frac{1}{2}mv_{skid}^2 = F_N d_{bs} = ma_{bs} d_{bs} \quad (4)$$

$$v_{brake} = \sqrt{2(a_{bs} d_{bs} + \mu_{skid} g d_{skid})} \quad (5)$$

- $v_{brake}$  : 제동직전 속도(m/s)
- $d_{bs}$  : 불완전제동구간의 길이(m)
- $a_{bs}$  : 불완전제동구간의 감속도(m/s<sup>2</sup>)

식(5)에 따라 제동직전 속도는 제동 후 불완전제동구간의 감속도, 제동마찰계수, 스키드마크의 길이를 측정하면 산출될 수 있으나, 불완전제동구간의 감속도와 제동마찰계수는 제동직전 속도에 따라 감소하는 경향이 있어 특정하기에는 많은 어려움이 뒤따른다.

### 2. 기존 연구 고찰

Robert Overgaard(2001) 등은 '98년식 현대 엑센트, 스즈키 Swift, '99년식 도요타 Tercel 등 실험차량을 대상으로 범퍼건 및 가속도계를 이용하여 얻어진 데이터를 회귀분석하여 다음과 같은 실험식을 도출하였다.

$$V_{Brake} = 0.89 V_{calc} + 11.6 \quad (6)$$

( $R^2 = 0.89$ , Bumper Gun Calculation Method)

$$V_{Brake} = 0.91 V_{calc} + 12.3 \quad (7)$$

( $R^2 = 0.90$ , Accelerometer Average Calculation Method)

$V_{Brake}$  : 제동직전 속도(km/h)

$V_{calc}$  : 산출속도(km/h)

식(6), 식(7)의  $V_{calc}$ 는 자동차 운전자의 제동시점에서 최종 정지하기까지 범퍼건 또는 가속도계를 통해 얻어진 평균감속도를 적용하여 활주 직전 속도를 산출한 것으로써, 자동차 특성 상 제동시점에서 활주시점까지의 불완전제동으로 인한 감속효과를 감안치 않았다.

Henry(1981)는 제동실험을 통해 제동마찰계수가 속도에 따라 감소되는 정도를 실험식으로 나타냈다. 여기서 승용차 타이어는  $a = 0.874$ ,  $b = 0.00393$ 를 적용한다(단, V는 km/h).

$$\mu = ac^{-bV} \quad (8)$$

Limpert(1994)는 바이어스플라이(bias ply) 타이어와 래디얼(radial) 타이어에 대한 실험을 통해 타이어-노면간 마찰계수( $f$ )가 속도와 상관관계가 있음을 보여 주었다.

$$\mu = \mu_0 - kV(\text{km/h}) \quad (9)$$

여기서,  $\mu_0$ 는 저속시의 마찰계수이고,  $k$ 값은 속도에 따른 마찰계수의 감소율을 의미한다.

각 변수들은 건조한 노면과 습윤한 노면을 구분하여 다음과 같은 값을 제시하고 있다.

〈표 1〉 식(9)의 변수(Parameters for Equation (9))

건조한 노면		젖은 노면	
Peak	Sliding	Peak	Sliding
$\mu_0$ 0.95	0.85	0.75	0.7
k 0.0017	0.0025	0.75	0.005

Henry와 Limpert에 의한 연구 결과는 스키드마크 발생시 활주직전 속도산정을 위해서 유용하게 사용될 수 있으나, 최근 자동차의 성능 향상에 따른 제동마찰계수의 임계치의 변화를 반영치 못하고 있으며 또한 불완전 제동구간에서의 감속효과에 대해서는 언급되어 있지 않아 실제 제동직전 속도 산정을 위한 접근은 이루어지지 않았다.

류태선(2009) 등은 2002년식 기아 옵티마차량을 대상으로 오륜장비(Fifth wheel assembly set, 답력 인식장치 포함)를 이용하여 수차례 제동실험을 통해 활주직전과 제동직전 속도간 관계식을 제시하였다. 활주직전과 제동직전 속도는 통상 5~10km/h의 차이가 발생하고 있으며 이는 불완전제동구간에서의 감속정도를 나타낸다.

$$V_{brake} = 0.9815V_{skid} + 7.2155 \quad (R^2 = 0.98) \quad (10)$$

그러나, 이 관계식은 불완전제동구간에서의 감속도를 0.5g로 특정한 것으로 속도에 따른 감속효과를 적절히 반영하지 못하고 있다.

### III. 제동직전 속도분석 모형 개발

#### 1. 실험방법 및 결과

실험차량은 ABS 미장착 '02년식 현대 아반떼XD, '02·'05년식 기아 옵티마(2대)와 ABS가 장착된 '95년식 현대 소나타2, '07년식 기아 오피러스를 대상으로 하였다. 실험장조건은 중단경사가 없는 건조하고 평탄한 아스팔트 노면이었으며, 아스팔트의 포장상태는 보통 닳아진 도로이다.

실험차량의 운전자는 운전자의 특성에 의한 제동거리의 차이를 감소시키기 위해 제동실험 경험이 있는 사고조사전문가 3명을 선정하여 교대로 실험에 임하게 하였으며, 조수석에 오륜장비를 전반적으로 제어할 수 있는 전문가 1명을 동승시켰다. 또한, 제동실험 후 노면에 발생된 속도별 스키드마크의 길이는 10년 경력의 사고조사 전문가 4명이 육안으로 확인되는 범위까지 실측하게 하였다. 실험차량에 탑재된 오륜장비(28" 5th Wheel Assembly set)는 답력인식장치를 포함하고 있으며, 운전자의 답력이 전달되는 시점부터 제동거리 및 감속도, 소요시간 등의 데이터를 출력토록 하였다.

실험차량의 제동 직전 주행속도는 20~110km/h의 범주에서 시행되었으며, 매실험마다 차종별 제동직전 속도, 활주거리, 제동거리, 소요시간 등 실험결과치를 기록하였다. 4종의 실험차량을 대상으로 제동실험을 실시한 결과, 제동직전 속도에 따라 스키드마크의 길이, 소요시간, 제동거리 등이 일정비율로 증가하였으나 평균감속도는 큰 변화를 보이지 않고 있다.

다만 ABS 장착차량이 미장착 차량보다 평균감속도가 다소 높게 나타나 제동력이 우월한 것으로 보여진다. 또한 ABS장착차량의 경우에는 제동장치의 특성으로 인해 스키드마크의 시·종점이 명확하게 구분되지 않아 활주거리를 측정할 수 없었다.

#### 2. 상관관계 분석(Correlation Analysis) 및 속도 분석모형 개발

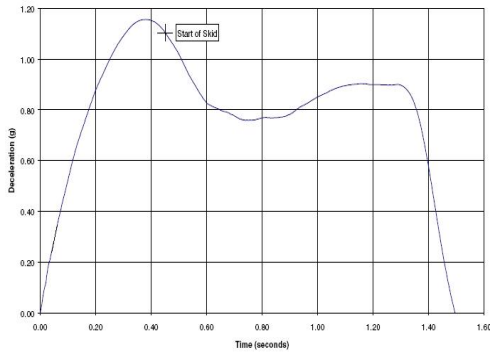
자동차가 활주(skidding)할 때와 브레이크를 밟아 활주하기 전까지의 감속도는 다르게 나타난다. 활주하기 전에는 운전자가 브레이크를 밟는 답력이 제동장치에 전

〈표 2〉 실험 결과

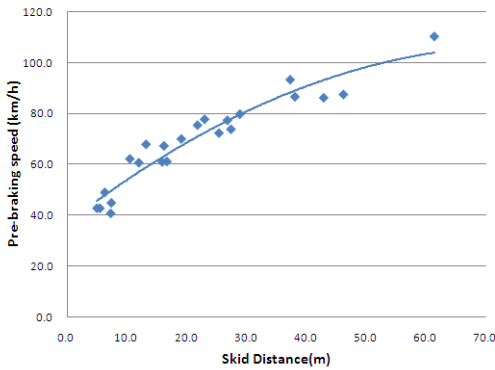
구분 Test Car		활주거리 측 정 치 (m)	Fifth Wheel Data				
			Pre-Braking Speed(km/h)	Time (sec)	Deceleration (Avg, %)	Braking Distance(m)	
Non ABS	Kia Optima	7.3	41.0	1.91	7.11	9.13	
		5.5	43.0	1.96	8.04	8.87	
		5.0	43.0	1.99	7.59	9.39	
		6.3	49.2	2.12	7.61	12.28	
		12.0	60.8	2.46	8.05	17.71	
		15.9	61.1	2.85	7.33	19.66	
		16.7	61.3	2.73	6.98	20.77	
		10.5	62.3	2.44	8.14	18.41	
		16.2	67.4	2.90	7.23	24.25	
		13.2	68.0	2.87	7.93	22.51	
		19.1	70.1	3.03	7.33	25.85	
		21.8	75.5	3.28	7.44	29.56	
		26.8	77.4	3.42	7.13	32.42	
		23.0	77.8	3.14	7.59	30.77	
	28.9	79.8	3.54	6.86	35.81		
	42.9	86.2	3.98	6.44	44.50		
	37.3	93.3	4.12	7.01	47.94		
	61.4	110.2	4.86	6.60	70.94		
	Hyundai Avante	7.4	45.1	2.39	6.23	12.60	
		25.4	72.4	3.86	5.70	35.50	
27.4		73.9	3.89	6.03	34.90		
38.1		86.6	4.54	5.79	50.00		
46.2		87.5	4.53	5.66	52.20		
		평균	7.04				
		표준편차	0.76				
ABS	Kia Opirus	-	80.7	2.80	8.15	30.80	
		-	88.2	3.14	8.17	36.70	
		-	83.5	2.94	8.17	32.90	
		-	83.5	3.05	7.93	33.90	
	Hyundai Sonata	-	28.4	1.60	5.73	5.40	
		-	36.6	1.70	6.90	7.50	
		-	50.2	2.05	7.45	13.10	
		-	62.4	2.64	7.29	20.60	
		-	45.1	1.91	7.32	10.70	
		-	23.8	1.26	6.93	3.20	
		-	50.4	2.10	7.01	14.00	
		-	49.5	2.07	7.48	12.60	
		-	37.0	1.04	6.30	8.40	
		-	108.0	4.18	7.25	62.07	
		평균	7.29				
		표준편차	0.71				
Total			평균	7.13			
		표준편차	0.74				

달되고 이후 회전하는 바퀴가 완전히 잠김(locked)되기 까지 지연시간이 있기 때문에 불완전제동구간에서 제동력은 0~100%까지 변화하게 된다. <그림 3>에서 보는

바와 같이 스키드마크는 최초 바퀴가 잠김되어 감속도가 1.2g에 근접하는 정점에 이른 후 발생하기 시작하며, 이후 감속도는 안정화상태에 접어든다.



〈그림 3〉 감속도 vs 시간 그래프(2001, Robert Overgaard)



〈그림 4〉 제동직전 속도별 활주거리 그래프

이러한 현상으로 인해 현재 일반적으로 사용되는 활주구간의 거리를 근거로 한 속도산출 방식은 불완전제동구간의 감속효과를 배제하게 됨으로써 실제 주행속도와는 많은 차이를 보이게 된다.

제동실험에서 얻어진 데이터 <표 2>를 통해 제동직전 속도와 활주거리간의 관계를 나타내면 <그림 4>와 같다.

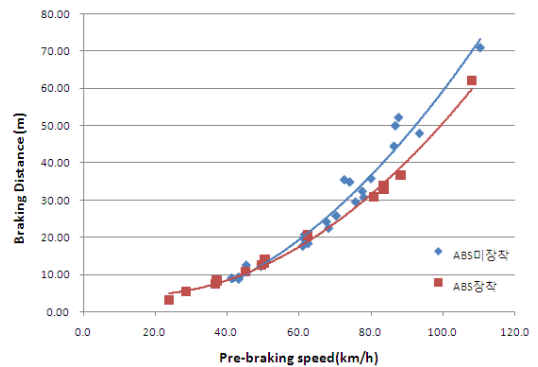
활주거리가 길어질수록 제동직전 속도도 일정하게 증가하고 있으며, 회귀분석을 통한 관계식은 식(11)과 같이 이차방정식 형태로 나타났다. 이에 의하면 육안으로 확인되는 활주거리를 실측하여 실제 제동직전 속도를 산출할 수 있다.

$$v_{brake} = -0.011d_{skid}^2 + 1.814d_{skid} + 37.09 \quad (R^2 = 0.918) \quad (11)$$

<표 3>은 현재 일반적으로 적용되고 있는 제동마찰계수( $\mu_{skid}$ )는 0.7~0.9의 범주에 활주직전 속도와 식

〈표 3〉 제동직전·활주직전 속도 추정치

활주거리 추정치 (m)	제동 직전 속도 (km/h) 식(11)	활주 직전 속도 (km/h)		
		$\mu_{skid} = 0.7$	$\mu_{skid} = 0.8$	$\mu_{skid} = 0.9$
10	54.1	42.2	45.1	47.8
20	69.0	59.6	63.7	67.6
30	81.6	73.0	78.1	82.8
40	92.1	84.3	90.2	95.6
50	100.3	94.3	100.8	106.9
60	106.3	103.3	110.4	117.1



〈그림 5〉 제동거리별 제동직전 속도 그래프

(11)에 의해 산출되는 제동직전 속도를 비교할 경우, 저속에서는 10km/h내외, 고속에서는 많은 차이를 보이지 않음을 나타내고 있다.

이는 <표 2>에서 보는 바와 같이 제동직전 속도가 높아질수록 평균감속도가 다소 낮아지는 특성과 식(9)의 Limpert 연구결과에서 처럼 속도가 높아질수록 제동마찰계수가 낮아지는 경향과 많은 관련이 있을 것으로 판단된다. 이러한 현상에 대해 O'hara와 Osterberg (1972)는 제동거리가 길어질수록 타이어의 온도가 높아져 고무재질이 연성화(soften) 되고 이에 따라 정지마찰계수가 낮아지게 된다고 하였다.

최근에 시판되는 대다수 차량은 ABS(Anti-lock Brake System)장치가 기본으로 장착되어 있어 운전자가 급제동조치를 취해도 스키드마크를 찾아보기 힘들기 때문에 ABS 장착차량과 미장착차량의 활주거리보다는 제동직전 속도와 제동거리를 비교하였다 (<그림 5>).

ABS 장착차량의 제동거리는 제동직전 속도 54km/h를 기점으로 미장착차량보다 짧아지는 특성을 보이고 있

어 중고속 주행시 제동력면에서는 ABS 장착차량이 우수한 것으로 나타났다.

ABS 장착 여부에 따라 제동거리와 제동직전 속도를 회귀분석한 결과, 이차방정식 형태로 강한 회귀특성을 보이고 있으며 그 관계식은 식(12)~식(13)과 같다.

$$d_{brake} = 0.006 V_{brake}^2 - 0.078 V_{brake} - 0.034 \quad (12)$$

( $R^2 = 0.959$ , ABS미장착차량)

$$d_{brake} = 0.006 V_{brake}^2 - 0.187 V_{brake} + 5.851 \quad (13)$$

( $R^2 = 0.993$ , ABS장착차량)

식(11)~식(13)에 의하면 활주거리와 제동거리를 근거로 실제 제동직전 속도를 유추할 수 있다. 그러나 활주구간이 육안으로 확인되지 않을 경우 제동거리를 파악하는 것은 매우 어려울 수도 있다.

### 3. 속도분석모형의 적용 범위

교통사고시 스키드마크를 통한 속도산정과 그 결과값에 따른 과속 여부에 대한 법적 적용은 항상 많은 논란과 쟁점을 야기시키고 있다. 우리나라는 교통사고시 제한속도를 20km/h 이상 초과하였을 경우 교통사고처리특례법에 따라 과속으로 정의하고 그에 따라 사법 처리를 하고 있으나, 스키드마크만을 가지고 추정된 속도값은 불완전제동구간의 감속효과를 배제한 최소한의 속도라고 할 수 있어 대다수 운전자들이 과속의 범주를 벗어나게 된다.

본 연구에서는 활주구간의 거리에 따라 실제 제동직전 속도를 산출할 수 있는 모형을 제시하여 앞서 언급된 문제의 해법을 제시하였다. 이 모형에 따르면 활주거리에 따라 불완전제동구간의 감속효과를 고려하여 실제 제동직전 속도에 근접할 수 있으므로 교통사고시 운전자의 행태에 대한 올바른 이해와 정확한 사고원인 규명에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

다만, 최근 ABS장치의 보급 확대에 따라 활주거리의 의미가 퇴색될 수 있으나, 제동거리와 속도간의 상관관계를 통해 운전자 진술, 사고의 전후 상황 등을 감안할 경우 속도별 인지반응시점, 제동시점, 충돌 예상지점 등을 추정하는데 있어 유용한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

### IV. 결론 및 향후 과제

교통사고시 속도분석은 사고재현에 있어 매우 중요한 부분 중 하나이다. 특히 사고당사자에게는 과속여부에 따라 가중처벌되므로, 사고처리과정에서 종종 쟁점의 대상이 되기도 한다.

그리고 현재 일반적으로 속도산출에 사용되는 계산식이 불완전제동구간의 감속정도를 고려하지 않은 활주직전 속도를 추정하므로 실제 제동직전 속도와는 상당한 차이를 보이기 때문에 운전자의 행태연구에 있어 올바른 정보를 제공하지 못하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하기 위해 실차 제동실험을 통해 제동직전 속도와 활주거리, 제동거리를 비교하여 활주거리를 통해 제동직전 속도를 산출할 수 있는 방법을 제공하고 있다. 또한 최근 ABS장착 차량의 보급 확대로 활주거리가 육안으로 확인되지 않을 경우 운전자의 진술, 사고의 전후 상황 등을 감안하여 속도별 인지반응시점, 제동시점, 충돌예상지점 등을 추정하는데 있어 유용한 제동거리와 제동직전 속도간의 상관관계를 규명하였다.

특히 ABS 장착차량의 제동거리는 제동직전 속도 54km/h를 기점으로 미장착차량보다 짧아지는 특성을 보이고 있어 중고속 주행시 제동력면에서는 ABS 장착차량이 우수한 것으로 나타났다.

교통사고 통계에 의하면 제한속도가 50~70km/h 범주인 일반국도, 특별.광역시도, 시.군도 등에서 교통사고의 86.6%가 발생하고 있으며, 사망사고는 76.7%에 이르고 있다. 이는 <표 3>에서 제시한 바와 같이 본 연구에서 제시된 분석모형을 교통사고 처리시 적용케 되면 기존 속도추정방법( $\mu_{skid} = 0.8$ )보다 5~10km/h 정도 높게 산출되어 법적 과속의 범주에 해당되는 운전자가 증가할 것으로 추정되며, 보다 실질적인 자동차의 속도 분석이 가능할 것으로 판단된다.

또한 교통사고처리시 과속의 범주가 확대됨에 따라 많은 민원이 발생할 수 있는 반면에 운전자의 경각심을 일깨워 사고감소에 일조할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 활주거리는 노면경사, 노면의 종류(아스팔트 또는 콘크리트), 노면의 오래된 정도 등에 따라 길이와 형태가 달라질 수 있다. 예를 들어 자동차가 내리막길에서 급제동시에는 활주거리가 오르막길보다 길어지며, 통상 콘크리트보다는 아스팔트 도로에서 활주거리가 짧아

지는 특성을 보인다. 이에 따라 본 연구에서 제시된 제동 직전 속도 산출모형도 영향을 받을 수 있으며 향후에는 보다 더 다양한 노면조건과 차종을 대상으로 후속 실험이 이루어져 보다 정교하고 확장된 모형으로 발전시켜야 할 것이다.

## 참고문헌

1. Walter S. Reed & A.Taner Keskin(1989), "Vehicular Deceleration and Its Relationship to Friction", SAE #890736.
2. Fricke, Lynn. B and Baker, J Stannard (1990), Traffic Accident Reconstruction, "Topic 862 Drag factor and Coefficient of Friction in Traffic Accident Reconstruction", Northwestern Univ, Traffic Institute.
3. Robert Overgaard., et al.(2001), "Relationship Between Pre-Skidding and Pre-Braking Speed", SAE 2001-01-1281.
4. Neptune, J. A., et al.(1995), "Speed from Skids: A Modern Approach". SAE #950354.
5. Reed, W., et al.(1988), "A Comparison of Emergency Braking Characteristics of Passenger Cars". SAE #880231.
6. Limpert, R.(1994), "Motor Vehicle Accident Reconstruction and Analysis", 2nd Edition, The Michie Company, pp.387~388.
7. D.W.Goudie., et al.(2000), "Tire Friction During Locked Wheel Braking", SAE 2000-01-1314.
8. Nathaniel H.Sledge., et al.(1997), "Vehicle Critical Speed Formula - Values for the Coefficient of Friction - A Review", SAE #971148.
9. Jerry J. Eubanks., et al.(1993), "A Comparison of Devices Used to Measure Vehicle Braking Deceleration", SAE#930665.
10. Edward L. Robinson(1994), "Analysis of Accelerometer Data for Use in Skid-Stop Calculation", SAE #940918.
11. Reed, W., et al.(1987), "Vehicular Response to Emergency Braking". SAE #870501.
12. 류태선·전진우·박홍환·이수범(2009), "활주 직전과 제동 직전 속도의 상관관계 규명에 관한 연구", 대한교통학회지, 제27권 제1호, 대한교통학회, pp.43~51
13. O'Hara, Charles E., and Osterberg, James W.(1972), An Introduction to Criminalistics, Chapter 25: "Determining speed in Motor Vehicle Accidents," Indiana University Press, Bloomington/London, pp.310~346.
14. 도로교통공단(2010), 교통사고종합분석센터, 2010년판 교통사고 통계분석.

- ✉ 주 작성자 : 정우택
- ✉ 교신저자 : 류태선
- ✉ 논문투고일 : 2011. 1. 26
- ✉ 논문심사일 : 2011. 3. 14 (1차)  
2011. 3. 31 (2차)  
2011. 4. 13 (3차)
- ✉ 심사판정일 : 2011. 4. 13
- ✉ 반론접수기한 : 2011. 10. 30
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필