

불완전 제동구간과 활주구간의 감속도 변화에 대한 연구

김길배¹ · 정우택¹ · 류태선¹ · 오영태^{2*}

¹ 도로교통공단 본부, ² 아주대학교 건설교통공학과

A Study on Acceleration of Transient Brake Section and Skidding Section

KIM, Kil Bae¹ · JUNG, Woo Teak¹ · RYU, Tae Sun¹ · OH, Young Tae^{2*}

¹ Headquarters, Road Traffic Authority, Seoul 100-789, Korea

² Department of Civil & Transportation engineering, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

Abstract

Driver ordinarily takes sudden braking when urgent situation is developed or when the vehicle is involved in an unexpected accident. Therefore, the most common trace at a traffic accident scene is skid mark. Currently, in investigating traffic accident, overspeed is determined by the length of skid mark. However, in order to identify accurate cause of accident, estimation of pre-braking speed which takes into account speed reduction during transient time should be considered as a requirement. In a recent study, several ways to estimate pre-braking speed were suggested, but none considered to differentiate the decelerating transient brake section and skidding section. This study analyzed trends of decelerating transient brake section and skidding section by real braking test.

운전자가 위급한 상황을 인지하였을 경우 일반적으로 가장 먼저 급제동 조치를 취하게 된다. 그렇기 때문에 교통사고 현장에서 가장 흔하게 볼 수 있는 흔적이 급제동흔적, 즉 스키드마크라 할 수 있다. 오늘날까지 스키드마크의 길이를 측정해서 사고 당시 속도를 추정하고 이를 통해 과속 여부를 판단하고 있다. 그러나 스키드마크의 길이를 통해 추정된 속도는 불완전 제동구간의 감속정도를 배제한 활주직전의 속도로서 제동직전 속도와는 다소 차이를 보인다. 최근 연구에서 제동직전 속도를 추정하기 위해 실차 실험을 통해 몇가지 방법이 제시되었으나, 물리적 원칙에 입각하여 제동직전 속도를 산정할 수 있는 근본적인 방법을 제시하지 못하였다. 그 중에서도 가장 핵심적인 사항이 불완전 제동구간과 활주구간의 감속도를 파악하는 것이며, 본 연구에서는 승용차와 대형차의 실차 급제동 실험을 통해서 불완전 제동구간과 활주구간의 감속도 경향을 분석하였다. 본 연구는 자동차의 실질적인 제동직전 주행속도를 산출할 수 있도록 기초정보를 제공하고 나아가서는 현행보다 과속 적용의 범주가 확대됨에 따라 운전자의 경각심을 유발하여 국가 교통사고 감소에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words

Braking Distance, Pre-Braking Speed, Skid Mark, Skidding Section, Transient Brake Section
제동거리, 제동전 속도, 스키드마크, 활주구간, 불완전제동구간

* : Corresponding Author

ytoh@ajou.ac.kr, Phone: +82-31-219-2537, Fax: +82-31-215-7604

Received 19 March 2012, Accepted 10 July 2012

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

운전자들이 자동차의 주행속도를 판단하는 계량적 기준은 오로지 자동차 주행계에서 표출되는 속도지만, 최근에는 네비게이션 장착차량이 증가함에 따라, GPS방식의 표출속도를 보고 차량의 주행상태를 판단하기도 한다. 그렇지만 이러한 표출속도는 주행계의 오차와 GPS의 1-2초 정도 표출지연에 의한 오차 등으로 당시의 주행속도라고 보기에는 어려움이 있다.

교통사고시에는 대다수 운전자들이 이러한 표출속도를 본 기억을 더듬어서 대략 어느 정도일 것이라고 진술하고 있으나, 제한속도를 초과해서 운행했을 때는 과속에 대한 형사적 제재 때문에 진실을 말하는 경우는 매우 드물 것으로 판단된다. 실제로 교통사고시 과속으로 처리하는 경우가 0.2%에 불과한 것을 보면 그만큼 과속을 자백받고 입증하기가 쉽지 않다는 것을 짐작할 수 있다.

현재 경찰에서 교통사고시 자동차 주행속도를 판단하는 기준은 스키드마크의 길이 즉 활주구간의 길이와 운행기록계에 나타난 속도, 영상기록 분석에 의한 속도 등으로 구분할 수 있다. 그 중에서도 스키드마크의 길이에 의한 속도 산출방법은 가장 전통적인 방법으로써 법정에서도 널리 인정되어 왔으며, 최근에는 운행기록계나 영상분석에 의한 속도까지 점차 입증자료로써 인정되고 있는 실정이다. 그러나 스키드마크 길이에 의한 속도는 자동차의 불완전제동구간(Transient Brake Section)의 감속 정도를 배제한 활주직전의 속도으로써 통상 실제 속도보다는 낮게 산출되는 경향이 있다.

이를 보정하기 위해 최근에는 활주거리와 제동직전 속도를 비교분석하여 일련의 실험식으로 제시한 바 있지만, 이론적인 방법으로 제동직전 속도를 산출하기 위한 실험적 연구는 아직 미진한 실정이다. 여기서 말하는 제동직전 속도 산출방법의 핵심은 불완전제동구간과 활주구간의 감속도 변화이다. 이 값이 특정화된다면 현행 자동차 속도 추정방식보다 진보한 속도 산출방법을 제시할 수 있게 될 것이다.

본 연구에서는 실차 제동실험을 통해 얻어진 시간대별 감속도 데이터와 속도데이터를 토대로 불완전 제동구간과 활주구간의 감속도 변화가 어떻게 이루어지는지 파악하고자 한다. 향후 이 연구결과가 공론화된다면 교통사고 처리시 과속의 범주가 확대됨에 따라 운전자 처벌

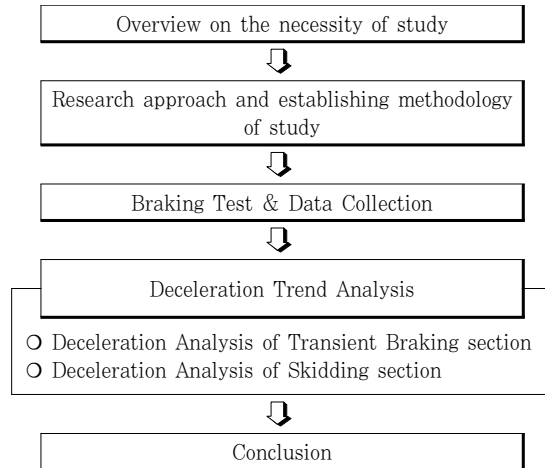


Figure 1. Flow chart

이 강화되어 정부의 교통사고 감소정책에 일조할 것으로 판단된다.

2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 자동차 제동실험을 통해 불완전 제동구간과 활주구간의 분포를 파악하고 각 구간별 감속도 변화가 어떻게 이루어지는지를 실증적으로 파악하고자 한다.

연구의 방법 및 범위는 건조한 아스팔트 포장도로에서 제동력 테스트 장비(VERICOM-4000 DAQ)를 장착하고 다양한 속도로 주행하다가 급제동하여 얻어진 결과치에 한정된다. 특히 실차 실험시에는 운전자의 특성에 의한 제동거리의 차이를 최소화하기 위해 제동실험의 경험이 있는 사고조사 전문가를 운전자로 하였다. 또한 활주구간의 길이는 제동실험 직후 노면에 발생한 스키드마크를 사고조사 전문가가 실측하여 얻어진 데이터이다. 전반적인 연구의 과정은 Figure 1과 같다.

II. 기존 연구 고찰

1. 자동차 급제동 후 정지하기까지의 과정

자동차가 진행 중 급제동하게 되면 엔진으로부터 추진력을 받아 구르던 바퀴가 회전을 멈추고 잠기게 되는데 이때 차량의 타이어가 노면 상에 약 20% 정도의 미끄럼비를 보일 때 노면과 타이어간의 마찰계수는 최대를 보이고 이후 감소하여 평균마찰계수를 유지하면서 급제동되어 최

종적으로 차량속도가 0에 이를 때까지 노면 위를 미끄러지게 된다. 즉 타이어가 완전히 잠김되어 스키드마크가 진하게 발생된 구간의 마찰계수보다 스키드마크가 발생되기 직전 또는 새도우마크 발생지점의 마찰계수가 더 높은 편이다. 여기서 미끄럼비(S)는 다음과 같이 표시된다.

$$S = \frac{V - w_r}{V} \times 100 \quad (1)$$

V : 자동차의 속도(m/sec)

w_r : 타이어의 각속도(rad/sec)

R : 타이어반경(m)

w_r : 타이어주속도(m/sec)

w_r은 타이어의 원주속도이기 때문에 타이어가 노면에서 미끄러지지 않고 회전하는 상태에서 제동할 경우는 w_r = V가 되기 때문에 미끄럼비는 0이 되어 노면과 타이어는 미끄럼 없이 정지된다.

또한 주행 중인 자동차를 급제동할 경우는 w_r = 0이 되기 때문에 노면과 타이어의 슬립비는 1.0으로 되어 타이어는 방향성을 잃고 차량은 방향안정성을 상실하게 된다. 주행 중인 자동차가 제동할 경우 노면과 타이어와의 마찰계수를 브레이크 저항계수라고 하며, 미끄럼비가 0.2-0.3일 때 브레이크 저항계수는 가장 크다.

이것은 자동차를 급제동하는 경우보다 브레이크 드림과 라이닝의 슬립율을 20-30%에서 브레이크를 작동시키는 것이 제동이 원활하고 제동거리도 짧다는 것을 나타내고 있다. 최근 자동차는 급제동시의 이상현상을 방지하기 위해 ABS시스템을 장착하여 자동적으로 미끄럼비를 조절해 제동효과를 향상시키도록 하고 있다.

스키드 마크(skid mark)는 Figure 2와 같이 브레이크를 작동하여 약 0.2-0.4초 이내(대형트럭의 경우 최대 0.8초 내외) 정도에서 바퀴와 노면과의 마찰력이 운동하던 차량의 관성력을 급속하게 감소시키는데 이 크기 정도에 따라 스키드마크의 길이 및 형태가 달리 나타나며, 승용차를 건조한 노면에서 여러 차례 실험하여 기계에서 측정된 총 제동거리와 노면 상에 발생된 긴 스키드마크를 비교한 결과 스키드마크의 발생지점은 총 정지거리의 약 30% 범위 내에서 발생되나 보통 제동시점에서부터 제동거리 15% 범위 내에서 스키드마크가 시작되며, 다소 젖은 노면에서는 스키드 마크 발생지점이 조금 늦어져 약 25%의 범위 내에서 발생된다고 한다.

불완전 제동구간과 활주구간의 감속도를 고려한 제동

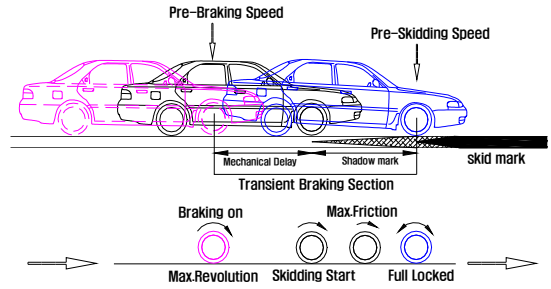


Figure 2. Generation process of skid mark

직전 속도는 에너지 보존법칙에 의거 다음과 같이 나타낼 수 있다.

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

$$v_{brake} = \sqrt{2(a_{bs} d_{bs} + \mu_{skid} g d_{skid})} \quad (3)$$

v_{brake} : 제동직전 속도(m/s)

d_{bs} : 불완전제동구간의 길이(m)

a_{bs} : 불완전제동구간의 감속도(m/s²)

2. 기존 연구내용 검토

류태선(2009) 등은 건조한 아스팔트 포장 노면에서 2002·2005년식 ABS 비장착 기아 옵티마 승용차량을 대상으로 급제동실험을 하여, 스키드마크는 최초 바퀴가 잠김되어 감속도가 1.0G-1.2G에 근접하는 정점에 이른 후 발생하기 시작해 이후 안정화상태에 접어들게 되므로 불완전 제동구간의 평균감속도는 0.5G 내외이며, 활주구간의 감속도는 0.67-1.07G이고 평균값은 0.865G라고 하였다. 그리고 활주시의 평균 감속도와 활주직전 속도와의 관계를 식(4)와 같이 제시하였다.

그러나 이 값은 오펜장비(Fitth Wheel)에서 얻어지는 제동거리와 제동직전 속도, 그리고 제동시간, 감속도값 등과 불완전 제동구간 감속도값을 0.4-0.6G 범주로 특정하여 산출된 수치이므로 보다 실증적인 검토가 필요하였다.

$$\mu_{ps} = -0.0048 V_{ps} + 1.1647 (R^2 = 0.48) \quad (4)$$

μ_{ps} : 활주시 평균마찰계수

V_{ps} : 활주직전 속도(km/h)

김기남(2007) 등은 건조한 아스팔트 포장 노면에서 ABS 비장착 2,000cc급 승용차량을 대상으로 급제동 실험

Table 1. Research result by kinam, Kim(2007)

Speed Range (km/h)	Lockup Speed (km/h)	Deceleration of Transient Braking section	Deceleration of skidding section
40	70%	5.9 m/s ²	0.77-0.89G
60	76%		
80	84%	6.3 m/s ²	
100	82%		

힘을 하여 제동직전 속도, 바퀴잠김시의 속도와 소요 시간, 스키드마크 길이, 정지거리, 활주구간의 마찰계수를 제시하였다. 이 연구에서 제동직전 속도 40km/h에서는 30%, 60km/h에서는 24%, 80km/h에서는 16%, 100km/h에서는 18%가량 감속되면서 바퀴가 잠김되었고, 불완전 제동구간의 감속도는 제동직전 속도 40-60km/h 속도 범위에서 약 5.9 m/s², 80-100km/h에서 약 6.3 m/s²로 나타났다. 그리고 활주구간에서의 감속도 범위는 약 0.77-0.89G이고, 저속에서의 감속도 값이 고속보다 조금 높게 나타났다(Table 1 참조).

한창평(2007) 등은 건조한 아스팔트 포장 노면에서 ABS 비장착 1,800cc급 승용차량을 대상으로 급제동 실험을 하여 실제 제동거리는 스키드마크 길이보다 약 20%가량 크며, 제동직전 속도와 제동거리는 식(5)와 같은 관계가 성립된다고 하였다.

$$V = \sqrt{254 \times (\mu \pm G) \times d(1.17 \sim 1.22)} \quad (5)$$

V : 제동직전 속도(km/h)

G : 경사도(%)

d : 제동거리(m)

김기남, 한창평 등의 연구는 제동직전 속도산정에 초점을 두었기 때문에 불완전제동구간과 활주구간의 감속도 변화에 대한 구체적인 사항을 제시하지 않았다.

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

$$\mu = \mu_0 - kV(km/h) \quad (6)$$

여기서, μ_0 는 저속시의 마찰계수이고, k값은 속도에 따른 마찰계수의 감소율을 의미한다. 각 변수들은 건조한 노면과 습윤한 노면을 구분하여 다음과 같은 값을 제시하고 있다.

Limpert에 의한 연구 결과는 자동차의 성능 향상에 따른 제동마찰계수 임계치의 변화를 반영치 못하고 있으

Table 2. Parameters for equation(6)

	Dry Road		Wet Road	
	Peak	Sliding	Peak	Sliding
μ_0	0.95	0.85	0.75	0.7
k	0.0017	0.0025	0.0075	0.005

며 또한 불완전제동구간에서의 감속효과에 대해서는 언급되어 있지 않다.

III. 제동 후 감속도의 경향 분석

1. 실험방법 및 결과

실험차종은 대형 승용 및 대형승합, 대형화물 3종이며 각각의 제원은 Table 3과 같다. 실험장소는 경기도 평택과 충남 서천의 종단경사가 없는 건조하고 평탄한 아스팔트 노면이며, 교통량이 작아 새로 포장된 것 같이 표면의 마모가 적은 비교적 양호한 도로(Figure 3)에서 실험을 진행하였다.

실험차량 운전자는 운전자 특성에 의한 제동거리의 차이를 감소시키기 위해 승용차량의 경우 제동실험 경험이 있는 사고조사 전문가 2명을 선정하여 교대로 실험에 임하게 하였고, 대형차량은 10년 이상 운전경력의 운전자가 실험을 수행하게 하였다. 그리고 조수석 또는 탑승석에는 실험장비를 제어할 수 있는 전문가 1명을 동승시켰고, 급제동 실험 후에는 활주거리를 사고조사 전문가가

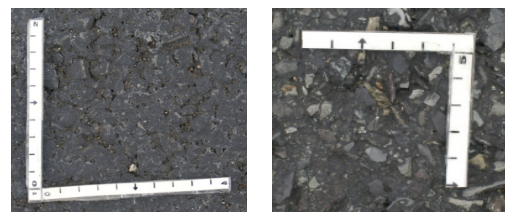


Figure 3. Good(left) & Worn(right) road surface

Table 3. Specifications of test car

Vehicle	Product. Year	Length × Width	Weight
Starex	2004	4,695×1,885mm	2,580kg
	Tire	205mm/ 70 /15inch	
Granbird	2007	12,020×2,490mm	15,300kg
	Tire	12R22.5-16PR	
New Power Truck	2005	12,630×2,495mm	39,495kg
	Tire	12R22.5-16PR	

Table 4. Test result

Test Car & Road	Pre-Braking Speed(kph)	Transient Braking section			Skidding section			Braking Distance (m)
		Distance(m)	Time(sec)	Deceleration	Speed(km/h)	Distance(m)	Deceleration	
Passenger Car	40.25	4.00	0.40	0.73	28.30	4.00	0.79	8.00
	43.62	4.50	0.40	0.74	32.16	4.80	0.85	9.30
	52.05	6.60	0.50	0.76	38.99	8.00	0.75	14.60
	52.60	6.60	0.50	0.77	38.45	7.70	0.76	14.30
	67.74	9.90	0.60	0.75	48.96	12.40	0.76	22.30
	67.74	10.30	0.60	0.75	51.13	13.30	0.77	23.60
	72.33	11.00	0.60	0.78	56.48	17.00	0.74	28.00
	73.41	11.40	0.60	0.76	58.56	18.50	0.73	29.90
	77.11	10.50	0.50	0.73	59.14	18.90	0.73	29.40
89.10	12.20	0.50	0.77	77.97	31.80	0.75	44.00	
large sized BUS	34.05	4.00	0.40	0.55	29.9	4.70	0.75	8.70
	50.98	6.70	0.50	0.55	40.4	8.80	0.73	15.50
	51.83	6.80	0.50	0.57	40.6	8.90	0.73	15.70
	69.37	10.00	0.50	0.66	58.1	19.00	0.70	29.00
	87.81	11.30	0.50	0.57	73.3	31.60	0.67	42.90
Heavy Truck	34.77	3.80	0.50	0.57	31.89	5.60	0.72	10.90
	47.53	5.80	0.50	0.50	39.62	10.30	0.60	16.10
	52.11	6.40	0.50	0.53	43.42	13.80	0.54	20.20
	73.57	11.30	0.60	0.53	57.54	23.70	0.55	35.00
	82.83	15.60	0.60	0.51	73.74	38.10	0.56	67.70



Figure 4. Skidding distance measurement

2명이 실측하게 하였다(Figure 4).

실험차량에 탑재된 장비는 VC4000DAQ로써, 미국의 VERICOM사에서 개발된 비접촉식 측정방식의 장비이다. 이 장비는 자동 수평보정장치, 가속도계, Pressure & RPM센서 등을 포함하고 있으며, 내부 진자의 민감한 움직임 정도를 통해 속도, 가속속도 등을 측정한다(Figure 5).

이 장비는 미국 미네소타주의 St. Cloud State University 부설 Highway Safety Center에서 정확도 검증을 시행하였으며, 그 결과 속도, 거리, 가속도, 시간 등에 있어서 1% 미만의 오차를 보였다고 한다.

급제동 실험 후에는 VC-4000DAQ과 PC를 동기화하여 제동직전 속도, 제동시간, 평균감속도, 제동거리 등의



Figure 5. Vericom 4000 DAQ

데이터를 취득하였다. 취득된 데이터는 Table 4와 같다.

2. 불안전 제동구간의 감속도 변화

Figure 6은 제동거리 대비 불안전 제동구간의 비율을 제동직전 속도별로 나타낸 것이다. 승용차종은 노면 상태와 관계 없이 제동전 속도가 증가할수록 전체 제동거리에서 차지하는 불안전 제동구간의 비율이 일정하게 감소하고 있으나, 대형차종은 대체로 큰 변화를 보이지 않고 있다. 각 차종별 제동거리 대비 불안전제동구간의 비율 평균값은 Table 5와 같다.

Figure 7은 제동직전 속도별 불안전 제동시간을 나타낸 것이다. 불안전 제동시간은 대체로 0.4-0.6초로 나타났으며, 제동직전 속도가 높아질수록 불안전 제동시

Table 5. Ratio of transient braking section for braking distance

Pre-Braking Speed	30-40 km/h	41-50 km/h	51-60 km/h	61-80 km/h	81-95 km/h
Passenger Car	50.0%	48.4%	45.7%	40.2%	27.7%
a large-sized BUS	34.5%	43.3%		34.5%	26.3%
Heavy Truck	34.9%	36.0%	31.7%	32.3%	23.0%

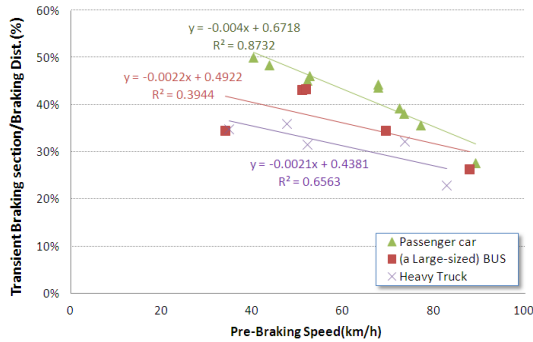


Figure 6. Ratio of transient braking section for braking distance

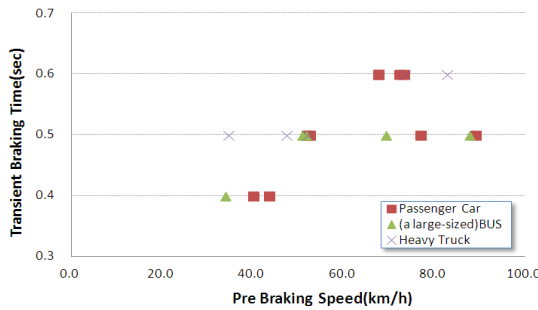


Figure 7. Transient braking time

간도 길어질 것으로 예상되나 결과적으로는 큰 의미를 부여할 수 없었다.

그 이유는 실측되는 활주구간의 길이가 관측자의 육안 판단기준이기 때문에 최초 스키드마크가 발생하는 위치가 다소 유동적이기 때문인 것으로 판단된다.

Figure 8은 차종별 불완전 제동구간의 감속도를 나타낸 것이다. 승용차종은 0.7-0.8G, 대형승합과 화물차종은 승용차종보다 0.1G 이상 낮은 0.5-0.6G의 범주로 나타났다. 이것은 자동차 중량에 따라 제동력 전달과 노면과의 마찰에 차이가 있기 때문인 것으로 판단된다.

Figure 9-11은 승용차와 대형차량의 급제동시 시간대별 감속도 변화를 나타낸 것이다. 승용차 57.7km/h,

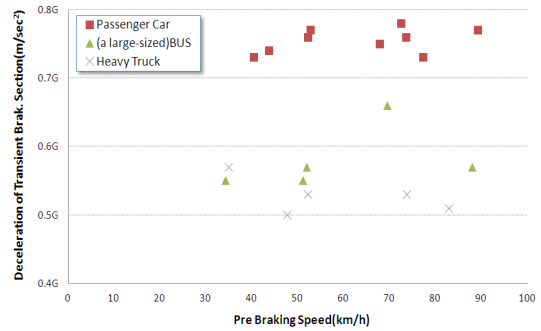


Figure 8. Deceleration of transient braking section

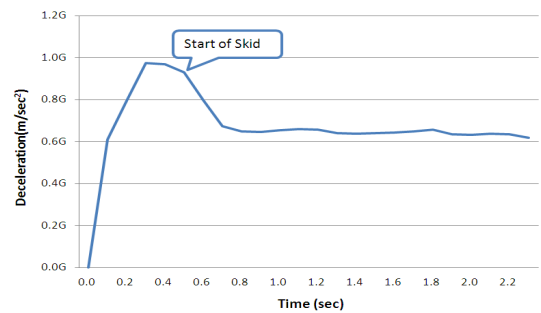


Figure 9. Deceleration of passenger car

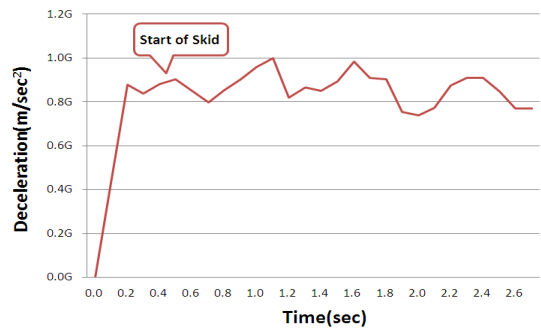


Figure 10. Deceleration of a large-sized BUS with ABS

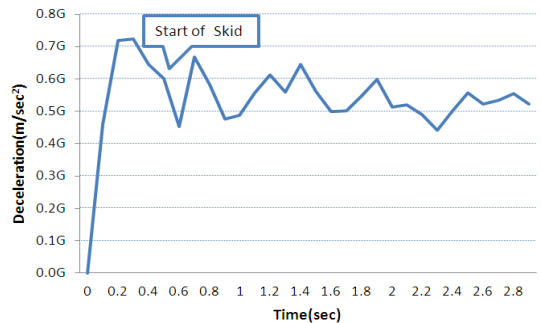


Figure 11. Deceleration of heavy truck with ABS

대형승합 69km/h, 대형화물은 47.5km/h에서 각각 급제동한 결과로써 초기 임계감속도가 승용차는 1.0G, 대형승합은 0.9G, 대형화물은 0.7G까지 도달하였다.

불완전 제동구간은 급제동 후 활주하기 전까지의 구간이므로 급제동 초기의 임계감속도와 임계값에 도달하는 시간에 있어서 차종별로 차이를 보임에 따라 승용차종의 불완전 제동구간 감속도가 높게 나타난 것으로 판단된다.

3. 활주구간(완전제동구간)의 감속도 변화

Limpert는 제동마찰계수와 활주직전 속도와는 선형 관계가 존재하며, 활주직전 속도가 높아질수록 제동마찰계수는 낮아진다고 하였다.

이것은 정적 마찰과 동적 마찰의 개념으로 설명할 수 있다. 정적 마찰은 물체가 평평한 표면에서 미끄러지기 시작할 때의 마찰이며, 동적 마찰은 100% 미끄러짐이 발생하는 시점의 마찰로써 통상 물체에 작용하는 힘은 동적 마찰이 정적 마찰에서 작용하는 수평력보다 작기 때문이다.

Figure 12는 차종별 활주직전 속도별 활주구간의 감속도 변화를 나타낸 것이다. 앞서 언급된 내용과 같이 속도가 증가할수록 감속도는 하향 추세를 보이고 있으며 승용, 대형승합, 대형화물의 순으로 y절편값이 높게 나타났다. 여기서, y 절편값은 통계적 의미에서 저속주행시의 타이어-노면간 최대 마찰계수를 의미하며, 대형승합 차종의 마찰계수가 승용차와 유사하게 나타났다.

현재까지 실무에서 4톤 이상의 차종에 대해서는 승용차 마찰계수의 75-85%를 적용하고 있었지만, 최근 대형차량의 ABS 장착 의무화와 제동성능 향상에 따라 감속능력이 향상된 것으로 판단된다.

Figure 12의 활주직전 속도와 타이어-노면간 마찰계수와의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu = \mu_0 - kV \tag{7}$$

여기서, μ_0 : 저속에서의 마찰계수
 k : 마찰계수 감소율
 V : 활주직전 속도(km/h)

식(7)에 의거, 타이어-노면간 마찰계수와 활주직전 속도와의 관계를 정리하면 Table 6과 같이 나타낼 수 있다.

Figure 13은 활주직전 속도별 활주거리 대비 불완전 제동구간의 비율을 나타낸 것이다. 활주직전 속도가 증가함에 따라 평균 감속도는 감소하게 되는데, 이와는 달

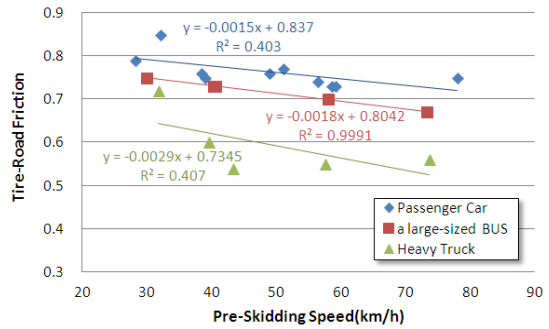


Figure 12. Deceleration as a function of pre-skidding speed

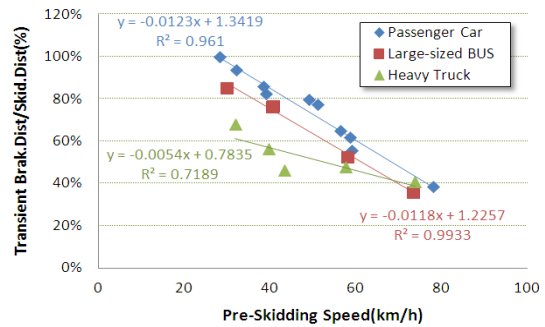


Figure 13. Ratio of transient braking distance for skidding distance

Table 6. Parameters for equation(7)

구분	μ_0	k
Passenger Car	0.837	-0.0015
a large-sized BUS	0.804	-0.0018
Heavy Truck	0.735	-0.0029

리 불완전 제동구간의 임계감속도는 일정하게 유지되기 때문에 활주거리 대비 불완전 제동구간의 비율은 감소하는 경향을 보이는 것이다. 이 관계는 비교적 상관성이 높게 나타나기 때문에 현장에서 활주거리를 측정하게 된다면 불완전 제동구간의 길이를 추정할 수 있으므로 제동 직전 속도를 산정하는데 매우 유용할 수 있다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

운전자가 위급한 상황을 인지하였을 경우 일반적으로 가장 먼저 행하는 조치가 급제동이다. 그렇기 때문에 교통사고 현장에서 가장 흔하게 볼 수 있는 것이 급제동흔적, 즉 스키드마크라 할 수 있다.

스키드마크는 그 길이를 측정해서 오늘날까지 사고 당시 속도를 추정하는 가장 기본적인 물적 증거자료로써 법정에서도 인정되는 몇 되지 않는 흔적이라 할 수 있다. 그러나, 스키드마크의 길이만으로 추정된 속도는 불완전 제동구간의 감속정도를 배제한 활주 직전의 속도로서 제동직전 속도와는 다소 차이를 보인다.

최근 연구에서 제동직전 속도를 추정하기 위해 실차 실험을 통해서 불완전 제동구간의 감속비율을 제시한다거나 불완전 제동구간의 일부를 제동거리로 포함시켜 추정하는 방식이 제안되었으나, 식(3)과 같이 물리적 원칙에 입각하여 제동직전 속도를 산정할 수 있는 근본적인 방법을 제시하지 못하였다.

본 연구에서는 승용·대형승합·대형화물차량의 실차 제동실험을 통해 불완전 제동구간과 활주구간의 감속도 경향을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같이 제시할 수 있다.

불완전 제동구간의 감속도는 승용차가 0.7-0.8G, 대형승합·대형화물차종은 승용차종보다 0.1G 이상 낮은 0.5-0.66G의 범주이며, 불완전 제동시간은 0.4-0.6초로 나타났다. 그리고 불완전 제동구간의 임계감속도는 승용차가 1.0G, 대형승합 0.9G, 대형화물차가 0.7G로 나타났다.

또한 정적 및 동적 마찰의 원리에 따라 활주직전 속도가 높아질수록 제동마찰계수는 낮아지며, 활주직전 속도와 감속도는 일정한 선형관계를 가진다(Table 6).

본 연구는 자동차의 실질적인 제동직전 주행속도를 산출할 수 있도록 기초정보를 제공하고, 나아가서는 현행보다 과속 적용의 범주가 확대됨에 따라 운전자의 경각심을 유발하여 국가 교통사고 감소에 일조할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 더욱 정확한 속도분석과 관련된 기초자료를 제시하기 위해 실험차종, 속도범주, 노면종류(아스팔트, 콘크리트, 비포장 등), 노면상태 등을 세분화하여 보다 진일보된 감속도 정보를 제시하고, 궁극적으로 활주거리만으로 정확한 제동직전 속도를 산출할 수 있도록 분석 모형화하는 것이 필요하다.

REFERENCES

Edward L. Robinson (1994), Analysis of Accelerometer Data for Use in Skid-Stop Calculation, SAE #940918.
 Fricke L. B, Baker J. S., Traffic Accident Reconstruction

(1990), Topic 862 Drag factor and Coefficient of Friction in Traffic Accident Reconstruction, Northwestern Univ, Traffic Institute.
 Han C. P. et al. (2007), An Estimate of Vehicle Velocity of Braking Start Point, Transactions of KSAE, Vol.15, No.5, pp.174-179.
 Jung W. T., Oh, Y. T., Park Y. S., Ryu T. S. (2011), A Study on Correlation Between Skid Distance and Pre-Braking Speed, J. Korean Soc. Transp. Vol.29, No.3, Korean Society of Transportation, pp.115-122.
 Kim K. N. et al. (2007), Calculation of Brake Onset Velocity for Non-ABS Vehicle on Dry Asphalt Pavement, Transactions of KSAE, Vol.15, No.2, pp.109-114.
 Korea Road Traffic Authority (2002), Traffic Accident Investigation Manual, pp.537-576.
 Limpert R. (1994), Motor Vehicle Accident Reconstruction and Analysis, 2nd Edition, The Michie Company, pp.387-388.
 Neptune J. A. et al. (1995), Speed from Skids: A Modern Approach, SAE #950354.
 O'Hara Charles E., Osterberg James W. (1972), An Introduction to Criminalistics, Chapter 25: Determining speed in Motor Vehicle Accidents, Indiana University Press, Bloomington /London, pp.310-346.
 Ryu T. S., Jeon J. W., Park H. H., Lee S. B. (2009), Relationships Between Pre-Skidding and Pre-Braking Speed, J. Korean Soc. Transp. Vol.27, No.1, Korean Society of Transportation, pp.43-51.

- ☞ 주 작 성 자 : 김길배
- ☞ 교 신 저 자 : 오영태
- ☞ 논문투고일 : 2012. 3. 19
- ☞ 논문심사일 : 2012. 5. 18 (1차)
2012. 7. 10 (2차)
- ☞ 심사판정일 : 2012. 7. 10
- ☞ 반론접수기한 : 2013. 2. 28
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필