

# 자동차 완전제동 직전의 타이어 활주흔적에 관한 연구

## A study on the tire road shadow mark of before full braking automobile

\*\*한창평<sup>1</sup>, 박경석<sup>2</sup>, 최명진<sup>3</sup>, 신운규<sup>4</sup>

\*# C. P. Han(hanpc@hanmail.net)<sup>1</sup>, #K.S. Park<sup>2</sup>, M.J. Choi<sup>3</sup>, U. G. Shin

<sup>1</sup> 두원공과대학, <sup>2,3</sup> 경희대학교 테크노공과대학, <sup>4</sup> 명지대학교 기계공학부

Key words : Surface Friction Coefficients, Shadow Mark, Stop sight

### 1. 서론

도로의 중단선형이나 평면선형을 설계하는데 차량의 정지시거가 중요하다.<sup>1-5)</sup> 이러한 설계의 기준이 되는 시거를 산출하기 위해서는 노면마찰계수가 중요한 역할을 한다. 타이어와 노면마찰계수는 자동차사고의 원인해석 및 재현에 필수적이고 차량의 제동직전 주행 속도를 추정하는 데에 매우 중요한 인자이다. 그리고 적정 황색신호 시간을 결정하는데 필요하다. 타이어 노면 마찰계수는 타이어의 트레드 마모 상태, 주행속도, 브레이크 작동 조건 등의 변수에 따라 달라진다.<sup>6-8)</sup> 우리 현실에서는 미국 마찰계수자료를 적용하고 있고, 우리 현실에 적합하지 않다고 지적되고 있다.<sup>9)</sup> 속도 추정방법에는 활주흔적에 근거한 에너지보존법칙, 핸들조작에 의한 요마크(yaw mark), 운동량 보존의 법칙, 시뮬레이션 프로그램, 차체 손상깊이에 따른 충돌 유효속도 등이 있다.<sup>10-12)</sup> 현재 속도추정은 육안으로 식별되는 활주흔적의 길이만 이용한 속도추정방식은 현실에 적합하지 않다. 제동감속이 시작되어 육안으로 식별되기전까지의 발생하는 활주흔적(skid mark)의 손실 에너지 부분을 보정한 속도추정 방식에 대해 많은 연구가 수행되었다.<sup>14-15)</sup> 본 연구에서는 완전제동직전의 타이어 활주흔적에 대하여 우리 현실에 적합한 도로와 타이어의 마모상태, 도로 구배, 제동 순시간 등을 고려하여 손실에너지부분을 연구하였다.

### 2. 완전제동직전의 제동시간을 고려한 주행속도 추정

Fig.1에서 제동특성 영역을 삼각형 영역과 사각형 영역으로 구분할 수 있다. 직선구간에서 육안으로 식별되는 Fig. 1의 직사각형영역의 활주흔적(skid mark)으로 제동직전속도를 추정하고 있다. Fig. 1의 삼각형영역은 운동에너지에 대한 속도손실부분이고, 제동 페달을 밟는 순간부터 바퀴가 완전히 고정되기 전까지 회전하며 진행한 구간이다. Fig. 1의 전영역을 실측하기 위하여 가속도계를 실차에 장착하고 시험한 자료를 수집하여 마찰계수를 구한다.<sup>13)</sup> 그리고 Fig. 1의 삼각형영역에 대한 운동 에너지 손실부분을 보정하기 위해서 타이어 슬립 실측값을 수집하고, 제동직전시간과 속도를 나타내는 시간과 감속도의 제동특성을 구분한다. 삼각형 영역은 육안으로 희미하게 식별되는 구간에 해당되고, 직사각형 영역은 육안으로 식별되는 구간이다. Fig.1의 삼각형 영역의 속도감속부분을 감안하면 삼각형의 넓이는 다음 식과 같다.

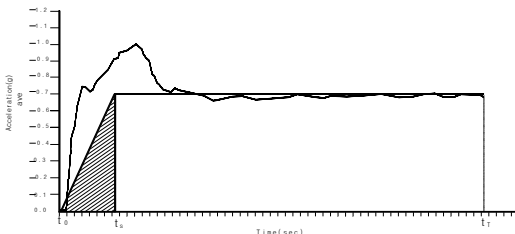


Fig. 1 The new model for locked wheel braking.

$$a(t) = \frac{a}{t_s} \cdot t \quad (t_o \leq t \leq t_s, t_o = 0)$$

$$v_1 = \left( \sqrt{v_2^2 + (-) 2 \times a \times d} + \frac{1}{2} a \times t_s \right) \quad (1)$$

$$v_1 = \left( \sqrt{254 \times d \times (f \pm G)} + \frac{1}{2} a \times t_s \times (3.6) \right) \quad (2)$$

### 3. 실험 결과

건조 아스팔트노면에서 40,60km/h의 급제동시간에 대한 견인계수 그래프이다. 제동감속 후 0.21초까지 슬립비가 20%에 도달하기까지 견인계수가 증가하였고, 제동후 0.3초에서 최대 견인계수를 나타낸다. Fig 1의 삼각형 영역부분에 해당되는 활주흔적이 1.7m이고 직사각형 영역부분의 스키드마크가 5.4m 발생하여 정지거리는 7.1m이다. 또다른 실험에서는 제동 0.3초 후에 최대 슬립비를 나타내고, 제동거리는 19m이며 노면에 발생한 활주흔적은 16m로서 3m 차이를 보인다. 활주흔적의 발생전 제동경과시간은 교통량이 많은 장소가 적은 장소에 비하여 미미한 차이가 발생하였다. 이러한 차이가 나는 것은 견인력이 낮아 활주흔적의 생성 시점이 늦어지기 때문이다.

- 1) 도로 및 노면조건에서 육안으로 식별되는 활주거리(Fig. 1 직사각형구간)와 육안으로 식별되지 않는 활주거리(Fig. 1 삼각형구간)의 경우 건조노면과 습윤노면을 비교할 때 40km/h 이하에서는 15% 미만으로 나타나고 이보다 높은 속도에서는 22% 증가하였다.
- 2). 도로노면 습윤조건에서 활주거리가 건조한 노면조건보다 주행속도 20 km/h 이하일 경우 약 22%, 40-80 km/h 의 경우 평균 약 33%, 비포장의 경우에는 약 25%의 제동거리가 각각 길어진다.
- 3) 바퀴가 완전 고착되어 슬립하기 약 0.42초 전에 Fig. 1의 삼각형 구간의 활주흔적이 발생하였다.

### 4. 결론

- 1) 마찰계수가 아스팔트보다 콘크리트 노면이 약간 높은 것으로 나타났으며 비포장은 노면 굳기 정도에 따라 마찰계수가 달라진다.
- 2) 주행속도범위에서 육안으로 식별되는 활주흔적이전에 운동에너지에 대한 속도손실부분은 평균 약 20%이고, 정지거리에 제동속도손실부분을 보정하여야 한다.

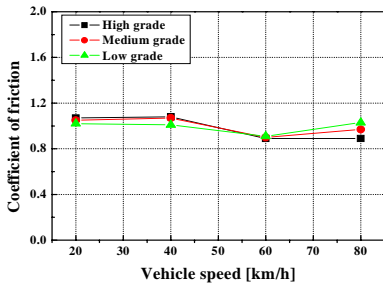


Fig. 2 Dry-Asphalt pavement-coefficient of friction

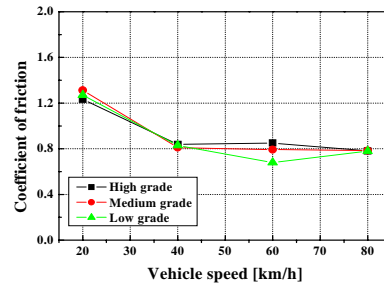


Fig. 7 Wet-nonpavement-coefficient of friction

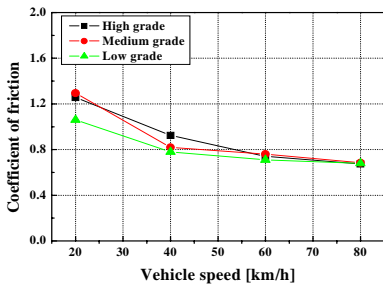


Fig. 3 Wet-Asphalt-coefficient of friction

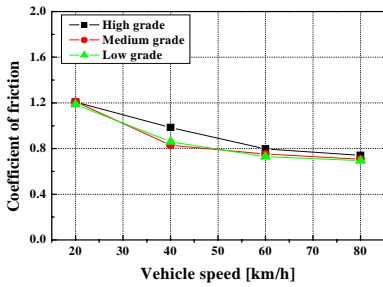


Fig. 4 Dry-concrete-coefficient of friction

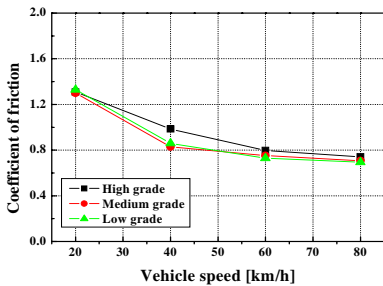


Fig. 5 Wet-concrete-coefficient of friction

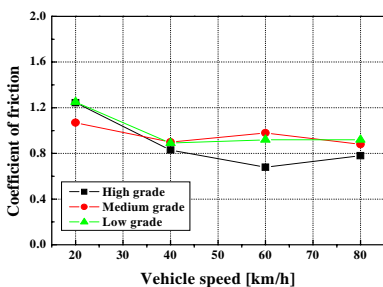


Fig. 6 Dry-non pavement-coefficient of friction

### 참고문헌

1. 김형섭, 박경석, 자동차역학, 일진사, 1996
2. 도철웅. 교통공학원론. 청문각. 1989
3. 건설교통부. 도로구조시설기준에 관한 해설 및 지침. 2000.
4. B. T. Daies and J. M. Watts jr, "Father investigation of movement time between brake and acceleration pedals in automobiles human factors, pp. 559-561
5. J. C. Collins, "Accident Reconstruction", Charles C. thomas Publisher, 1979
6. M. E. Barzelay and W. L. George, "Scientific Automobile Accident Reconstruction", Matthew Bender and co., New York
7. J. A. Neptune, F. E. James, A. P. Chaves, and U. W. Haward, "Speed from skids : A modern Approach", engineering Inc., 1995
8. R. Limpert, "Motor vehicle accident reconstr- uction and cause analysis" Michile co. LTD, Charlottesville, 1978
9. S. H. Nathaniel jr. and M. M. Kurt, "Vehicle critical speed formula- values for the coefficient of friction - A Review", the university of texas
10. L. B. Fricke, "Traffic Accident Reconstruction", Northwestern University Traffic Institute, pp.62~67, 1990.
11. C. Y. Warner, G. C. Smith, M. B. James, and G. J. Germane, "Friction Applications in Accident Reconstruction", SAE 830612, pp.12~19, 1983
12. J. S. Baker, L. B. Fricke, "The Traffic Accident Investigation Manual", SAE 980822, pp. 17~27, 1986.
13. Vericom Computers, "VC2000PC Dynamom- eter and Braking Test Comptuter Owner's Ma- nual", pp. 78~85, 1998.
14. W. S. Reed, "A Comparison of Emergence Braking Characteristics of Passenger Cars", SAE 880231, pp. 258~265, 1988.
15. J. A. Neptune, James E. Flynn, P. A. Chavez, and Howard W, Underwood, "Speed from Skids : A Modern Approach", SAE 950354, pp.189 ~205, 1995