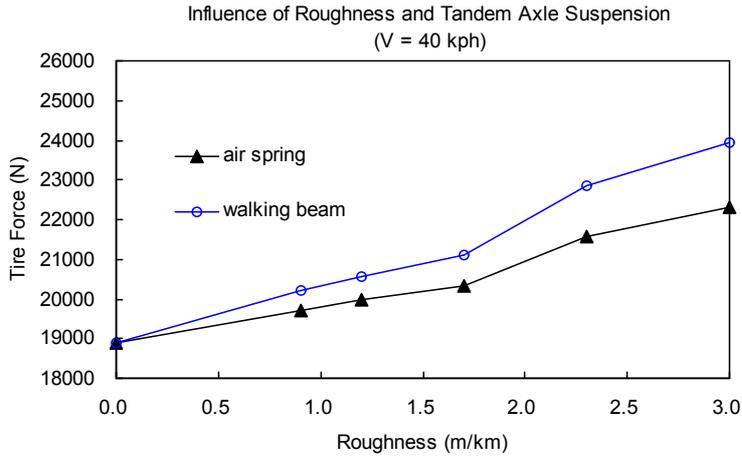




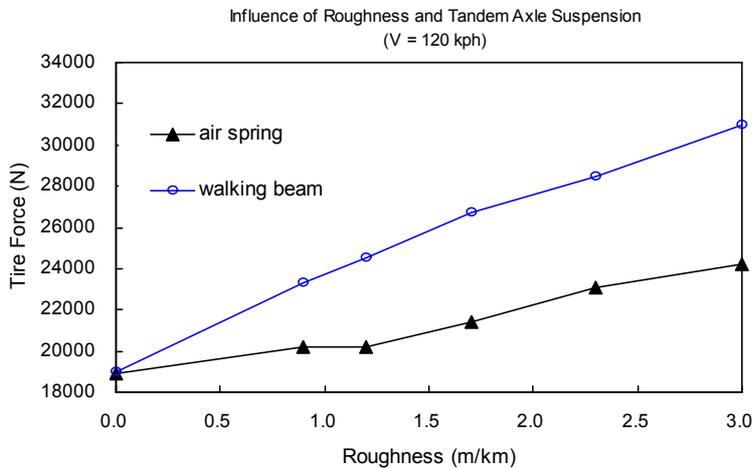


### 3. 동적하중 분석

3축 10륜 트럭 차량의 현가장치, 포장표면 프로파일, 차량속도를 다르게 하여 동적하중을 모사하였다. <그림 1>에 후축 탄템축의 동적하중을 현가장치에 따라 속도를 다르게 하여 나타내었다.



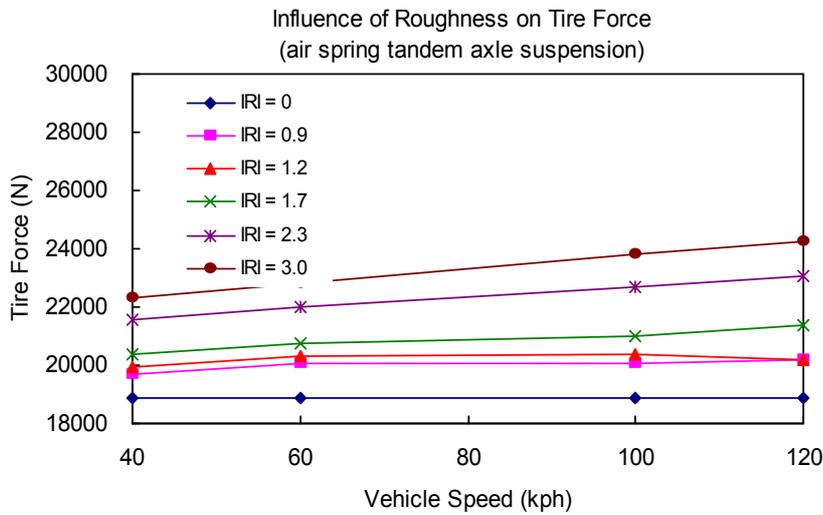
(a) 차량속도 40km/hr



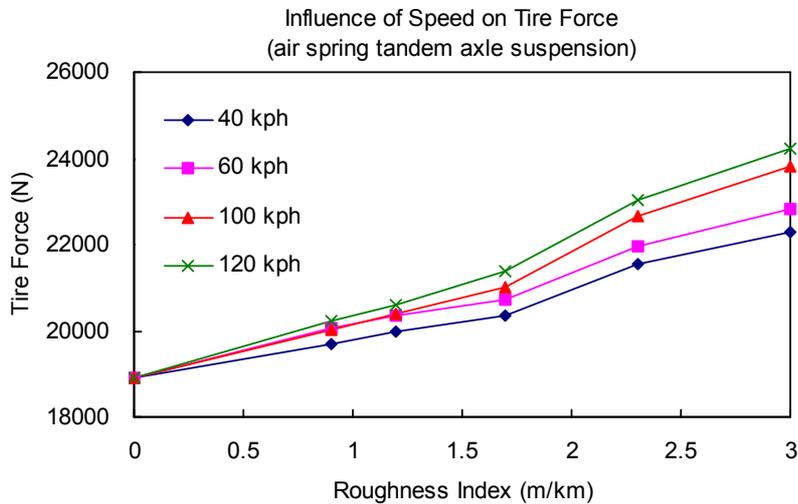
(b) 차량속도 120km/hr

<그림 1> 현가장치에 따른 동적하중 분석

<그림 1>에서 보듯이 현가장치에 따라 동적하중이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다. Walking Beam 현가장치가 Air 스프링 현가장치에 비해 동적하중이 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 평탄성지수가 0m/km일 경우 동적하중이 19kN으로 속도에 무관하였으나, 평탄성지수가 증가할수록 속도 증가에 따라 타이어 동적하중도 크게 증가하는 것을 알 수 있었다. 미국등 선진국에서는 화물보호를 위하여 Air Spring을 주로 사용하고 있으나 한국은 Walking Beam 현가장치를 주로 사용하는 것으로 알려져 있다.



(a) 평탄성지수에 따른 동적하중 분석



(b) 차량속도에 따른 동적하중 분석

〈그림 2〉 평탄성지수와 차량속도에 따른 동적하중 분석

#### 4. 포장평탄성지수와 포장성능과의 관계

포장의 반응은 일반적으로 하중과 밀접한 관계를 가지고 있어 동적하중이 포장성능과 밀접한 관계가 있다고 가정할 수 있다. 본 연구에서 평탄성지수가 포장피로균열 공용수명에 미치는 영향을 분석하기 위하여 동적하중의 변화와 이에 따른 포장성능의 변화 관계식을 이용하였다. 포장의 포장파손지수(Pavement damage index),  $\Delta$ 를 이용하여 포장의 목표(Target) 평탄성지수에 의한 동적하중과 실제 시공되는 평탄성에 의한 동적하중 차이에서 생기는 포장의 피로균열 공용성 변화를 예측하였다. 포장파손지수를 식(1)에 나타내었으며, Paris and Erdogan방정식을 이용하여 도출하였다.



$$\Delta = \left( \frac{1 + zCV_o}{1 + zCV_1} \right)^n - 1 \tag{1}$$

여기서,  $CV_o$  = 목표 포장 프로파일에서의 동적하중 공분산  
 $CV_1$  = 시공 포장 프로파일에서의 동적하중 공분산  
 $z$  = 동적하중 분포에 상응하는 표준편차 수  
 $n$  = Paris-Erdogan 파괴매개변수

식(1)에서의 공분산은 측정 프로파일을 이용한 차량모사에 의해 구해지므로, 포장파손지수는 포장 표면의 프로파일뿐만 아니라 차량의 현가장치와 속도에도 깊은 관련이 있는 것을 알 수 있다. 시공포장의 공분산이 목표공분산 보다 작을 경우 포장파손지수는 양의 수를 나타내어 포장 피로균열 공용성의 증가를 나타내며, 반대로 시공포장의 공분산이 보다 클 경우 공용성 감소를 의미한다. 파괴매개변수  $n$ 은 포장표층 아스팔트 혼합물의 파괴매개변수로서 큰 값을 가질수록 반복하중 하에서 더욱 빠르게 균열이 전파된다. 아스팔트 혼합물의 creep compliance 시험으로부터 구한 국내 혼합물의 평균  $n$ 값은 2.23이다.

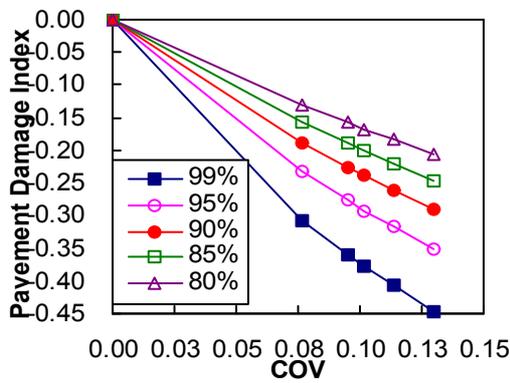
목표 프로파일을 완전히 평탄한 포장 프로파일로 가정할 때 ( $CV_o = 0$ ), <그림 2>-(a)와 같이 동적하중은 정적하중이 됨을 알 수 있으며, 식(1)은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta = \frac{1}{(1 + zCV_1)^n} - 1 \tag{2}$$

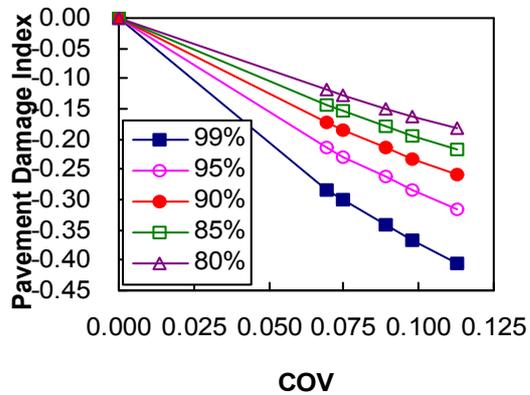
### 5. 포장 평탄성 평가

차량의 속도와 현가장치, 표층표면의 평탄성 프로파일을 이용하여 동적하중을 분석하였고 동적하중의 공분산과 아스팔트 혼합물의 파괴매개변수를 이용하여 포장 파손지수,  $\Delta$ 를 산정하였으며, 각 조건이 포장파손 지수에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 식(2)를 이용하여 평탄성지수가 0m/km인 이상적인 포장 상태에서를 목표포장 상태지수로 하고 평탄성 지수가 3.0m/km인 매우 불량한 상태의 포장상태의 포장 파손지수를 산정하였다. <그림 3>에 포장파손지수와 공분산을 각각의 신뢰도를 사용하여 Walking beam 현가장치와 Air spring현가장치를 각각 나타내었다. <그림 3>에서 보듯이, 공분산값이 클수록, 즉, 동적하중의 변화가 클수록, 포장균열 공용수명의 감소( $\Delta$ 가 음의 수)가 큰 것으로 나타남을 알 수 있다. 또한 신뢰도가 높을수록 동일한 포장파손지수를 유지하기 위하여 평탄성이 좋은 포장이 필요하다. 각각 현가장치를 이용한 포장파손지수를 분석한 결과 Air spring에 의한 포장파손지수가 Walking beam에 의한 포장파손지수보다 작은 것을 볼때 Air spring을 장착한 차량이 포장 균열파손 절감에 더 효과적인 것으로 나타났다.

목표 평탄성지수가 0m/km는 이상적인 목표치이므로 현실적인 포장 평탄성지수값을 이용한 포장파손지수를 산정하여 포장 공용성 감소를 예측하기에는 어려움이 있다. 따라서, 목표 평탄성지수가 0.9m/km이고 포장 평탄성지수가 3.0km/hr일때 포장파손지수를 <그림 4>에 비교하였다. <그림 3>과 경향은 유사하지만 현실적인 목표 평탄성지수 0.9m/km를 사용하여 포장파손지수를 구한 결과 포장공용성 수명 감소를 나타내는 포장파손지수 값은 상대적으로 감소하였다.

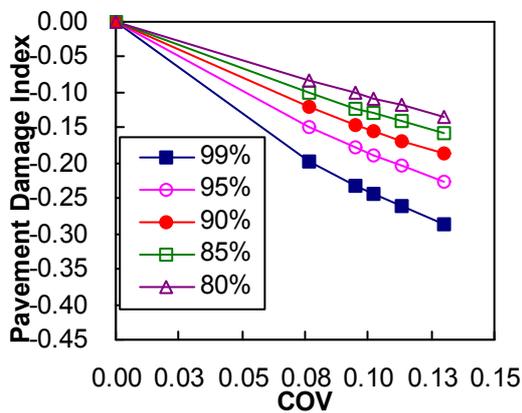


(a) Walking beam 현가장치

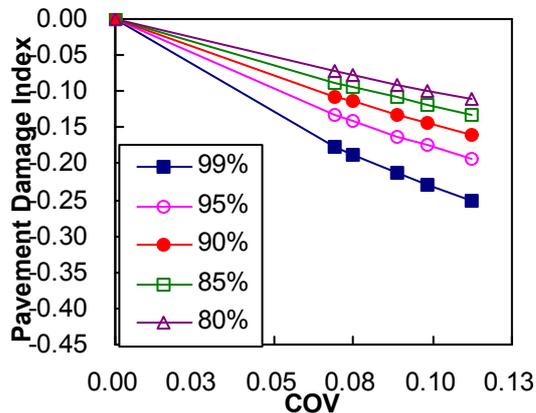


(b) Air spring 현가장치

〈그림 3〉 신뢰도에 따른 포장파손지수(목표  $COV_0=0m/km$ ,  $COV_1=3.0m/km$ )



(a) Walking beam 현가장치



(b) Air spring 현가장치

〈그림 4〉 신뢰도에 따른 포장파손지수(목표  $COV_0=0.9m/km$ ,  $COV_1=3.0m/km$ )

## 5. 결론

아스팔트 콘크리트 포장의 평탄성지수와 차량특성인 현가장치와 차량속도를 이용하여 동적하중 분석을 실시하였으며, 포장 표층 프로파일에 의한 동적하중의 변화정도인 공분산을 구하여 이에 근거한 피로균열에 의한 포장파손지수를 국내 아스팔트 혼합물의 파괴매개변수를 이용하여 구하였다. 이는 포장에 피로균열에 의한 포장수명의 변화전도는 재하되는 동적하중의 변화정도에 비례한다는 가정 하에 분석하였다. 일반적으로 목표 평탄성지수를 기준으로 산정한 포장파손 지수는 음의 수를 나타내는데 이는 포장공용성의 감소를 나타낸다. 각 조건에 대한 동적하중에 근거하여 포장파손지수를 구하여 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 포장 평탄성 프로파일과 차량특성을 고려하여 동적하중을 분석한 결과 Walking beam 현가장치가 Air spring 현가장치에 비해 포장에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되었다. 포장 프로파일이 증가할수록 동적하중이 증가하



는 것으로 알 수 있었다. 또한, 차량속도가 증가할수록 동일 포장 평탄성 지수에서 동적하중이 증가하는 것으로 나타났다.

- (2) 동적하중의 공분산을 이용하여 포장파손지수 산정 결과 동적하중의 공분산이 증가할수록 포장파손지수도 증가하였다. 또한, 신뢰도가 증가할수록 동일한 포장파손지수를 유지하기 위하여 평탄성이 좋은 포장이 필요한 것으로 판단된다.
- (3) 현가장치에 의한 동적하중분석을 통하여 포장파손지수를 분석한 결과 Walking beam 현가장치를 이용한 차량이 Air spring 현가장치를 이용한 차량에 비해서 포장파손지수에 미치는 영향이 컸으므로 보다 큰 피로균열 공용성의 감소가 예상된다.

본 연구의 결과를 이용하여 차량속도와 표층 아스팔트 혼합물 파괴특성에 근거한 포장 평탄성 규정에 이용할 수 있으며, 아스팔트 콘크리트 포장 시공 후 포장 평탄성에 근거한 지불규정에 효과적으로 사용할 수 있다고 판단된다.

**감사의 글**

본 논문은 건설교통R&D정책·인프라사업 성능중심의 건설기준 표준화 과제('06~'11) 연구결과의 일부입니다.

**참고문헌**

1. 한국건설기술연구원, 아스팔트 포장 피로균열 예측모형, KPRP-07-F1, 한국형 포장 설계법 및 성능개선 연구, 건설교통부, 2007
2. Lytton, R. L, J. Uzan, E. Fernando, R. Roque, D. Hiltunen, and S. M. Stoffels, Development and Validation of Performance Prediction Models and Specifications for Asphalt Binders and Asphalt Mixes, SHRP-A-357, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, D.C., 1993.
3. Al-Rashid, N. I., C. E. Lee, and W. P. Dawkins, A Theoretical and Experimental Study and Dynamic Highway Loading. Research Report 108-1F, Center for Highway Research, The University of Texas at Austin, TX, USA, 1972.
4. Fernando, E. G. Applicability of New Flexible Pavement Smoothness Specification for Asphalt Overlays, Journal of the Transportation Research Record No. 1575, Transportation Research Board, 1997, pp. 18-24.