

# 매설 변형률 계측기를 이용한 동적하중재하에 따른 아스팔트 포장의 거동 계측

## Measurement of Behavior of Asphalt Concrete Pavement under Moving Loads using Embedded Strain Gages

권순민<sup>1)</sup> 김형배<sup>2)</sup> 김도완<sup>3)</sup> 이재훈<sup>4)</sup> 이광호<sup>5)</sup>

Sun-Min Kwon, Hyung-Bae Kim, Do-Wan Kim, Jae-Houn Lee, Kwang Ho Lee,

### 1. 서론

아스팔트 포장체는 강성포장인 콘크리트 포장에 비해 연성이며 점탄성거동을 하므로 정적 및 동적 하중에 대해 응력의 영향반경이 널리 분포하는 양상을 보인다. 본 연구에서는 동적 하중을 재하하여 포장체에 미치는 피로하중을 거리와 시간에 따른 변형값으로 추정하여 포장구조해석 프로그램에서 고려되는 하중영향범위 안에서 인장과 압축거동이 어떤 경향으로 나타나는지 묘사해 보았다.

본 연구를 위하여 중부 내륙고속도로 아스팔트 구간에 변형률계를 매설하여, 거리와 속도에 따른 동적 하중을 재하하여 아스팔트 콘크리트 포장의 영향반경을 측정하고 분석하였다. 매설된 계측기의 종류는 TML사의 KM-100HAS를 사용하였다. 동적하중재하는 15톤 덤프트럭을 이용하였으며, 10, 20, 40 km/h의 속도와 매설된 게이지 위치로부터 각각 0, 30, 50 cm 떨어진 거리에 차량을 주행시켜 실험을 수행하고 아스팔트 포장의 동적 하중에 따른 포장체의 거동을 측정하였다.

### 2. 차량주행에 따른 동적영향

#### 2.1 주행속도에 따른 영향분석

일반적으로 차량이 도로변을 주행할 경우 그 주행반경의 범위 안에서는 차량의 속도가 증가할수록 주행 차량의 하중은 증가하며 하중의 주기는 감소한다(이강진 등, 1999). 그러나 차량의 속도증가에 따른 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부 처짐은 감소한다(최준성 등 1998) 그림 1은 저속 주행차량과 고속주행차량이 아스팔트 콘크리트 포장 구조체 위를 통과할 때 미치는 영향을 나타낸 그림이다. 주행차량의 속도가 증가할수록 하중의 크기는 증가하고 하중지속시간과 충격영향범위는 감소한다.

---

1) 정회원 한국도로공사 연구원  
2) 정회원 한국도로공사 책임연구원  
3) 정회원 한국도로공사 연구원  
4) 정회원 한국도로공사 연구원  
5) 정회원 한국도로공사 연구개발실장

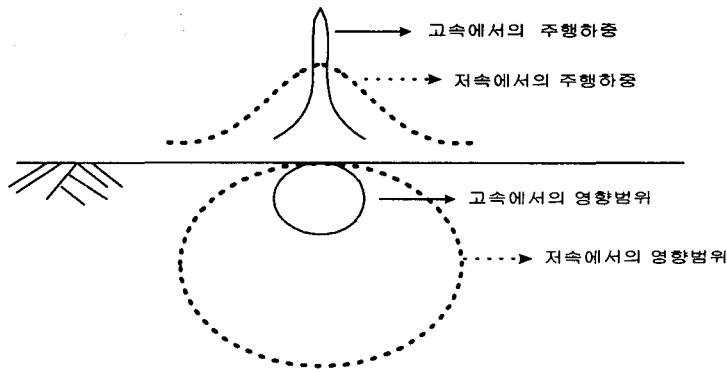


그림 1 차량주행속도에 따른 영향범위

## 2.2 주행위치에 따른 영향분석

본 연구에서는 실제 계측기를 매설한 곳에서 영향반경 범위 안에 차량을 주행시켜서 계측기가 압축 및 인장 변형을 측정하여 기존 이론적인 포장해석의 영향반경하에서의 인장과 압축경향과 비교 분석해 보았다. 차량이 주행하는 거리가 멀어질수록 주행차량의 하중영향은 감소하며 하중의 크기도 감소한다. 따라서, 차량의 주행위치가 멀어짐에 따라 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부 처짐은 감소한다. 그림 2는 계측기가 매설된 곳에서 일정거리를 떨어져 차량이 주행할 경우 아스팔트 포장구조체에 미치는 영향을 나타낸 그림이다.

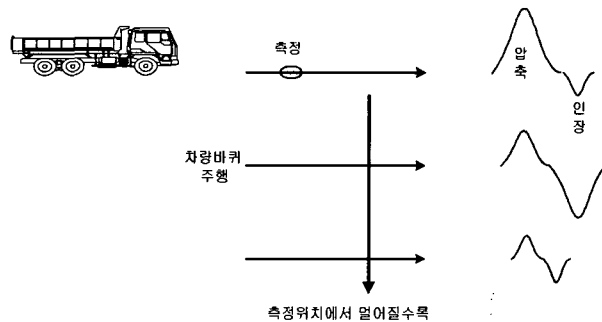


그림 2 차량주행 거리에 따른 인장 및 압축 거동 모식도

## 3. 동적재하 현장시험

본 연구에서는 거리와 속도를 변화시키며 동적 하중을 재하하여 아스팔트 콘크리트 포장의 거동을 측정하였다. 현장재하시험은 2001.12.18~19일 중부 내륙고속도로 아스팔트 구간에 아스팔트 변형률계를 매설하여 2002. 3. 14일에 수행하였다. 매설된 계측기의 종류는 TML사의 KM100HAS를 사용하였다. 총 3개의 계측기가 매설되었으며 1개(Ch. 2)는 횡방향 변위를, 2개(Ch. 1, 3)는 종방향 변위를 측정하기 위해서 매설되었다. Ch. 1 과 Ch. 2의 매설깊이는 23cm이며, Ch. 3는 14cm 깊이에 매설되었다. 동적하중재하는 15톤 덤프트럭을 이용하였으며, 10, 20, 40 km/h의 속도와 매설계이지에서부터 0, 30, 50 cm 떨어진 거리에 차량을 주행시켜 테스트를 수행하였다. 현장테스트는 아래와 같은 방법으로 수행하였다.

① 매설된 계측기의 위치를 파악하고 테이프를 이용하여 위치를 표시하였다. 그리고 차량이 주행하는 지점을



테이프를 이용하여 표시한다 (10m 정도).

- ② 매설된 계측기선을 데이터 로그에 연결하고 셋팅을 한다. 초기값을 기록하고 예비 테스트를 수행한다.
- ③ 차량주행 속력은 10, 20, 40 Km/h로 수행한다. 차량 주행 간격은 게이지 매설위치에서 중앙선 방향으로 0cm, 30cm, 50cm 간격으로 각각 주행시험을 3회에 걸쳐 수행한다.
- ④ 주요 시험 방식 및 제원은 아래의 그림3~ 그림5 및 표1을 통해서 나타내었다.

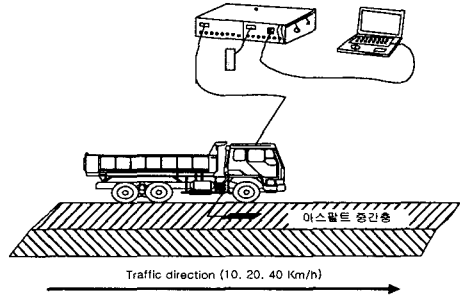
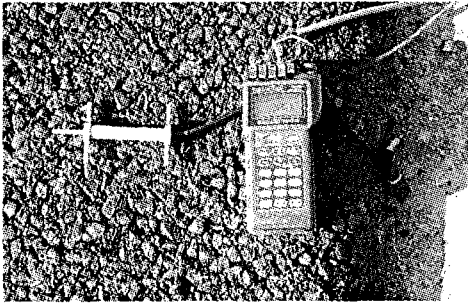


그림 3 변형률 계측기와 TC31K 측정데이터 로그      그림 4 차량 동적 재하영향 반경 모식도

표 1 차량동적재하 하중 제원

구분	총중량	앞바퀴	중간바퀴	뒷바퀴	비고
좌	13,050	2,125	5,500	5,425	단위(kg)
우	13,050	2,125	5,500	5,425	단위(kg)

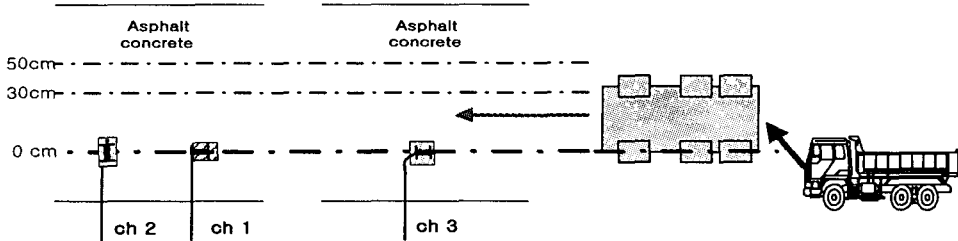


그림 5 차량동적 재하도 및 계측기 매설위치(ch 1 상은 아스팔트, ch 2 일반 아스팔트, ch 3 일반 아스팔트)

#### 4. 동적재하 현장계측

아래의 그림 6에서부터 그림17은 속도와 거리에 따른 동적재하시험 결과를 나타낸 그림이다. 그림 6~8에서 볼 수 있듯이 게이지가 매설된 중앙 위치에 차량이 주행할 경우는 일반적인 구조해석이론에서와 같은 하부인장이 뚜렷하다는 것을 알 수 있다. 전체적으로 속도 및 계측기위치와 이격거리에 따라서 모든 계측기들이 일관성 있는 포장변형 값을 보여주고 있다. 속도의 증가 및 이격거리의 증가에 따라 포장변형 값은 감소하고 있음을 그림 9~14를 통해 알 수 있다.

계측기 매설위치로부터 30cm 거리이상 떨어져서 차량을 주행시켰을 경우(그림 9~14)를 살펴보면 종방향으로 매설된 계측기 (Ch. 1)의 반응이 상당히 미미함을 나타내는데 이는 본 연구에서 사용된 주행차량에 대한 종방향 매설 계측기의 영향반경이 30cm 정도임을 알수 있다. 이와는 다르게 횡방향으로 매설된 계측기는 계측기 매설위치로부터 50cm 떨어져 있는 경우에도 뚜렷한 포장변형반응을 나타내고 있다. 이러한 계측기 반응은 교통하중에 의해 발생하는 응력이 종방향보다는 횡방향으로 보다 넓게 분포함을 의미한다. 본 시험결과 자료는 시험도로의 계측기 매설에 대한 설계과정에 반영되어 아스팔트 포장에서 인접한 변형률 계측



기간의 거리는 계측기 상호간의 간섭이 없어야 하는 중방향으로는 65cm, 연속적으로 응력분포를 측정하고자 하는 횡방향으로는 50cm 가 적절한 것으로 판단되었다.

그림 6,9,12 및 7,10,13을 비교해 보면 매우 흥미있는 계측경향을 볼 수 있다. 계측기 바로 위 지점으로 교통하중이 지나가는 경우 분명히 포장 하부에서는 인장변형이 뚜렷하게 발생하다가 30cm 이격된 지점을 교통하중이 지나가면서 포장하부에서는 반대로 압축변형이 발생하고 있음을 볼 수 있다. 50cm 이격된 지점에 교통하중 통과시에는 포장하부의 압축변형 발생이 보다 뚜렷해진다. 이러한 응력전이 현상으로 부터 노화에 따라 상당히 경화된 포장노면에 인장응력이 작용하여 Top-Down Crack이 발생한다는 가설을 만들 수 있을 것이다.

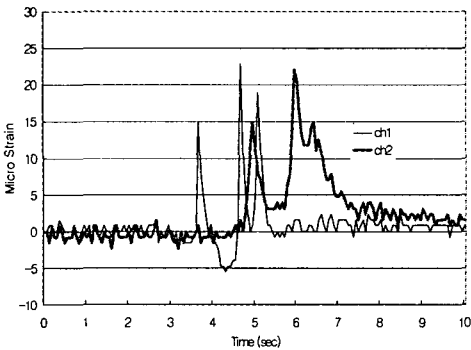


그림 6: 중앙에서 0cm, 속력 10km (+ 압축, - 인장)

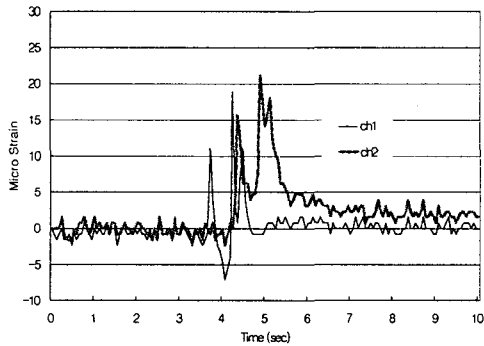


그림 7 중앙에서 0cm, 속력 20km

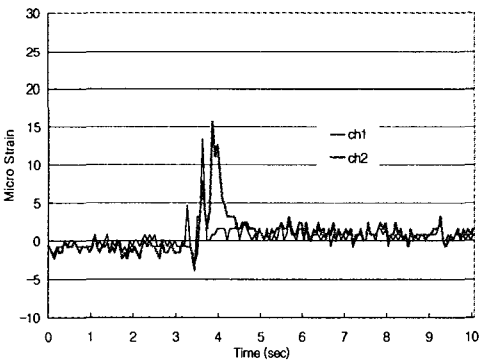


그림 8 중앙에서 0cm, 속력 40km

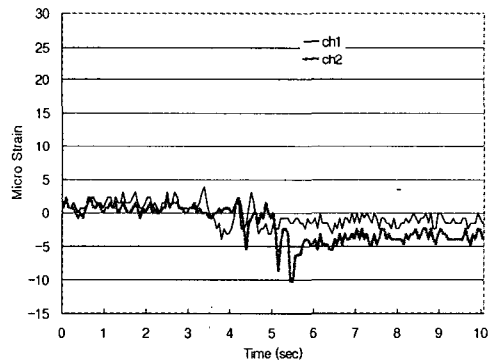


그림 9 중앙에서 30cm, 속력 10km

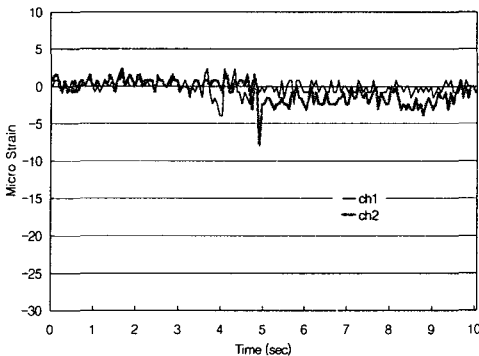


그림 10 중앙에서 30cm, 속력 20km,

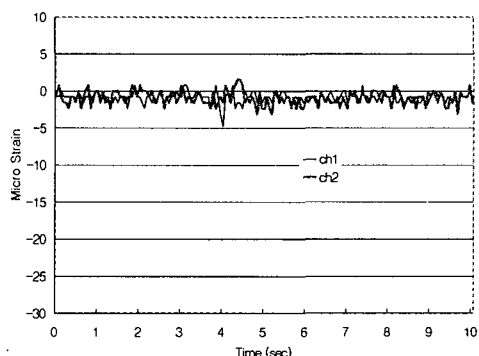


그림 11 중앙에서 30cm, 속력 40km

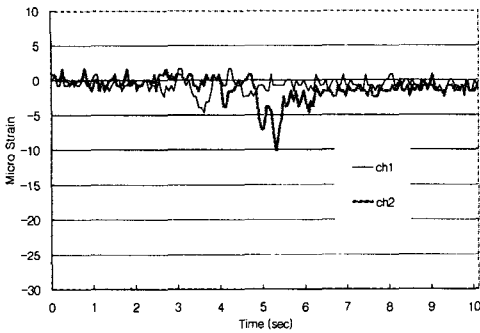


그림 12 중앙에서 50cm, 속도 10km

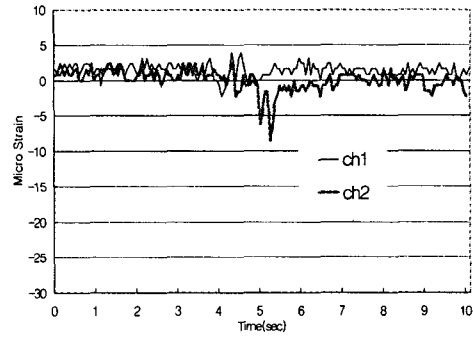


그림 13 중앙에서 50cm, 속도 20km

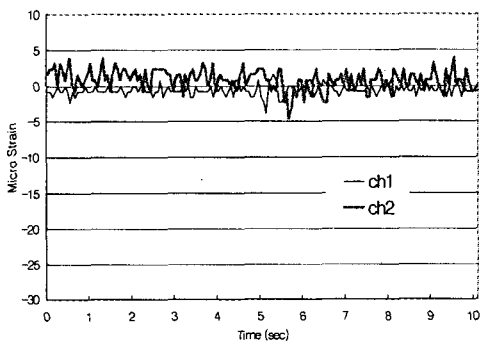


그림 14 중앙에서 50cm, 속도 40km

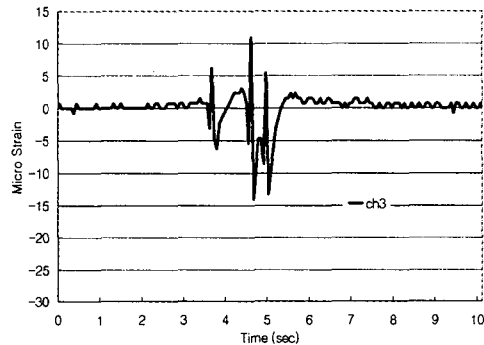


그림 15 중앙에서 0cm, 속도 10km

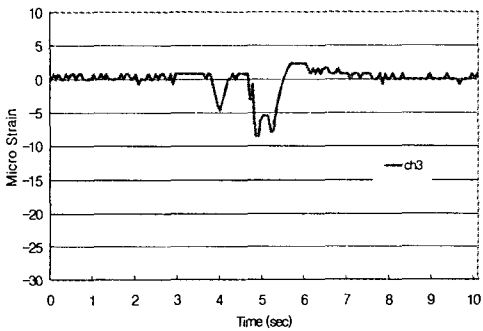


그림 16 중앙에서 30cm, 속도 10km

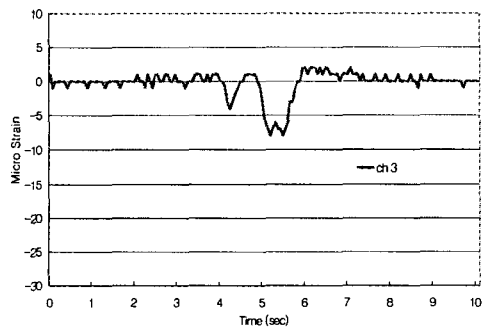


그림 17 중앙에서 50cm, 속도 10km

## 5. 결론 및 고찰

본 연구는 아스팔트 포장체위에 동적 차량이 주행하였을 때 발생하는 응력의 영향 반경 범위와 그 영향 반경 안에서 발생하는 인장 및 압축반응의 전이를 현장계측을 통해 확인하였다.

현장계측을 통한 자료를 분석해 본 결과 다음과 같은 결론에 도출 할 수가 있었다.

1. 전체적으로 속도의 증가 및 계측기와 하중재하 지점사이의 거리가 증가함에 따라 포장변형 값은 감소하고 있음을 보여주었다. 이는 시험도로의 계측상황이 일반적인 포장구조해석 관점에서 지극히 정상임을 의미한다고 볼 수 있다.



- 본 연구에서 사용된 주행차량에 대한 종방향 매설 계측기의 응력 영향반경은 30cm 정도이었으며 횡방향 매설 계측기는 50cm 이상의 영향반경을 가지고 있음을 확인하였다. 이를 통해 교통하중에 대한 계측기의 응력측정 영향반경은 계측기 매설방향에 따라 상이하며 종방향보다는 횡방향으로 보다 넓게 영향반경이 존재함을 알 수 있었다.
- 계측기와 교통하중 재하지점 사이의 간격이 멀어짐에 따라 포장하부에서는 인장변형이 압축응력으로 전이 되는 현상이 계측되었다. 이러한 응력전이 현상이 Top-Down Crack의 원인 중의 하나인지에 대한 보다 구체적인 검토가 필요함을 확인하였다.

## 6. 참고문헌

- 엄주용, 양성철 (1997) 포장균열 및 노면반사균열 억제방안연구(I),(II)도로연\_No. 97-59-28. 한국도로공사 도로연구소
- Joseph W.Tedesco, William G. Mcdougal, C. Allen Ross "STRUCTURE DYNAMICS" theory and applications
- Huang(1993), "Pavement Analysis and Design", PRENTICE hALL
- 최준성, 서주원, 김수일(2001) 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부처짐을 통한 주행하중 충격영향깊이 산정, 한국포장공학회 학술발표논문집
- 이강진, 최준성, 김수일(1999) 차량주행속도에 따른 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 거동분석, 대한토목학회논문집, 제 19권, 제3-6호, pp41-52.
- 최준성, 김수일, 유지형(1999), 아스팔트 콘크리트 포장구조체의 내부처짐에 의한 물성추정 및 주행속도에 따른 거동분석, 한국포장공학회논문집, 제 2권, 제 1호, pp135-145.