



온도구배에 의한 시험도로 줄눈콘크리트 포장의 동적응답

Dynamic Response of Jointed Concrete Pavement in Test Road Due to Temperature Gradient

유 태 석* 정 진 훈** 한 승 환*** 심 종 성****
Yoo, Tae Seok Jeong, Jin Hoon Han, Seung Hwan Sim, Jong Sung

Abstract

Behavior of concrete pavement due to temperature gradient was investigated for 48 hours at test road using Falling Weight Deflectometer. The deflections at slab center changed similarly to those of ambient temperature and temperature gradients in the slab. And rapid variations in the deflections were observed between 8 to 12 in the morning. However, dynamic modulus of subgrade reaction and joint deflections showed reverse trends to the ambient temperature and temperature gradients. The dynamic modulus of subgrade reaction was significantly affected by temperature gradient when its value got higher. Backcalculated elastic moduli were obtained using AREA method and Method of Equivalent Thickness. The trends of the backcalculated elastic modulus were similar to those of dynamic modulus of subgrade reaction. Measured load transfer efficiencies showed maximum peak in the morning due to dowel locking. However, additional effort is necessary to verify the result.

Keywords : test road, falling weight deflectometer, temperature gradient, AREA, MET, dowel locking

요 지

시험도로에서 포장구조진단기(FWD)를 사용하여 48시간 동안 연속적으로 온도구배에 따른 콘크리트 포장의 거동을 조사하였다. 포장슬래브의 중앙부에서 측정한 최대 처짐의 경향은 대기온도 및 온도구배와 유사하였으며 오전 8시에서 12시 사이에 매우 급격한 변화를 나타내었다. 동적지지력과 줄눈의 처짐은 대기온도 및 온도구배와 반대되는 경향을 나타내었으며, 동적지지력은 값이 커질수록 온도구배의 영향을 심하게 받는 것으로 판단되었다. 탄성계수의 변화양상을 AREA법과 MET을 사용하여 조사하였다. 역계산된 탄성계수는 동적지지력이 시간에 따라 나타내는 변화와 같은 경향을 나타내었다. 줄눈에서의 하중전달율은 다우웰 바의 잠김 작용으로 인하여 아침에 최대값을 나타내었으며 이와 관련하여 향후 정밀한 조사가 필요한 것으로 판단되었다.

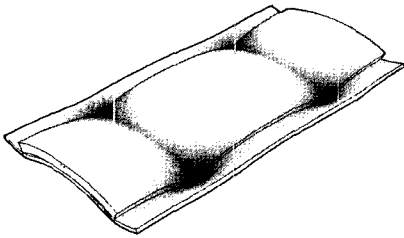
핵심용어 : 시험도로, 포장구조진단기(FWD), 온도구배, AREA, MET, 다우웰 바 잠김

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 연구원
** 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 조교수, 공학박사
*** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원, 공학박사
**** 정회원 · 한양대학교 건설교통공학부 교수, 공학박사

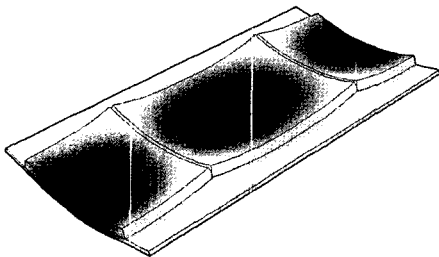


1. 서론

대기온도의 변화로 인해 콘크리트 포장체 내부의 온도가 변화하고 상부와 하부의 온도가 다르기 때문에 팽창 혹은 수축량 차이가 발생하므로 컬링현상이 발생하게 된다(유태석 외, 2000). 이러한 거동은 대기온도가 지속적으로 변화하므로 공용중인 콘크리트 포장에서 24시간 관찰된다.(Khazanovich 외, 2001). 컬링을 발생시키는 요인은 온도구배, 습도구배, 시공당시 발생하는 구배, 건조수축 및 크리프에 의한 것으로 알려져 있으며(Rao외, 2005) 그림 1의 (1)과 같이 상부가 팽창하여 모서리부가 하향 이동을 하는 하향컬링과 그림 1의 (2)와 같이 상부가 수축하여 모서리부가 상향으로 이동하는 상향컬링으로 나누어진다(Jeong, 2003). 본 논문에서는 5가지 요인 가운데 공용중인 콘크리트포장에서 단시간(48시간)에 가장 많은 효과를 나타내는 온도구배에 기인한 거동을 조사하였다. 컬링거동을 하는 포장체는 상하로 연속적인 움직임의 나타내게 되는데 같은 온도



(1) 하향컬링(downward curling)



(2) 상향컬링(upward curling)

그림 1. 컬링에 의한 포장의 형상

구배에서도 포장체는 강성, 지지력 및 타설시의 이력 등에 따라 다른 거동을 나타낼 수밖에 없다. 본 연구에서는 이러한 요인들이 포장체의 거동에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 포장구조진단기(이하:FWD)시험을 통해서 처짐 특성을 조사하고 역산이론을 이용하여 시간에 따른 물성의 변화양상을 추정하였다. 이를 위해 체계적인 데이터의 수집이 가능한 중부내륙 고속도로에 위치한 시험도로를 이용하여 낮 시간과 새벽 시간에 시험을 수행하였다.

2. 시험방법

본 시험이 실시된 시험도로는 중부내륙 고속도로 본선에 부가적으로 7.7km에 걸쳐 건설되어 있으며 40개의 시험포장단면(콘크리트 25개, 아스팔트 15개), 시험 교량 3개소, 시험 지중구조물 2개소와 계측사무소가 위치하고 있다(권순민 등, 2002).

시험항목은 일반적인 현장시험에서 수행되는 중앙부 처짐과 지지력, 줄눈처짐과 하중전달율로 대상구간은 J4-0, J5-0 및 J6-0단면을 대상으로 하였다. 대상구간의 슬래브 두께는 30cm로 동일하지만 린콘크리트의 설계두께가 12cm, 15cm와 18cm를 적용하여 시공되었고 3개의 구간이 인접하여 시공되어 첫 번째 구간인 J4-0은 아침에 시공되고 마지막 구간인 J6-0은 오후에 타설된 특성을 가지고 있어 기본온도차이(built-in temperature difference)(정진훈 외, 2005)가 다르게 발생한 특성을 가지고 있어 이에 대한 영향을 비교할 수 있는 특징을 가지고 있다.

J4-0, J5-0 및 J6-0은 STA.4+230~STA.4+530으로 300m의 거리를 가지고 있고 린콘크리트의 실측 평균 두께가 11.7cm, 16.8cm, 18.3cm이었으며 J4-0과 J5-0은 성토부에, J6-0은 절성부에 위치하는 특징을 가지고 있다. 평판재하 시험에서는 직경 30cm평판을 사용하여 측정할 결과 STA 4+240에서 199kPa/mm를 STA 4+310에서 178kPa/mm를 나타내었고 STA 4+450에서

221kPa/mm를 나타내어 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.(유태석 외, 2004)

시험방법은 각 단면별로 5개의 슬래브를 시험하여 총 15개의 슬래브를 대상으로 하였고 시험의 시작과 끝 시간의 차이를 최대한 줄이기 위해서 처음에 줄눈 시험만을 실시한 후 중앙시험을 실시하는 방법을 택하였다. 이러한 방법을 사용함에도 불구하고 시험의 시작에서 끝까지 약 30분의 시간이 소요되었는데 낮 시간에 태양에 의한 복사에너지에 의해서 포장체의 온도구배가 급속하게 올라가는 점을 생각해 볼 때 향후 시험시간을 최적화하는 작업이 필요할 것으로 판단되었다.

FWD시험은 10월 4일 오후부터 10월 6일 오전까지 매일 아침 4시~8시에 3차례의 시험을 오후 12시~6시에 3차례의 시험을 수행하는 방법을 사용하였고 FWD에서 얻어질 수 있는 4단계의 하중을 모두 사용하였다. FWD의 하중은 추의 높이조절을 통해서 조절되는 충격하중으로 보통 표 1과 같은 범위를 가진다. 본 시험에서는 단계별로 2회를 시험하여 1개소 당 총 8회의 반복시험을 수행하였다. 그러나 1단계 하중에 의해서 산출된 40kN(9000lb) 환산 처짐, 동적지지력 및 하중전달계수는 다른 단계의 하중에 의해서 산출된 값과 비교해서 왜곡된 값을 나타내어 하중의 수준이 낮음에 기인하여 구조특성을 충분히 반영하지 못하는 것으로 판단하여 2~4단계에서의 하중 및 처짐 값을 사용하였다.

표 1. FWD의 단계별 하중

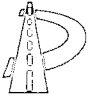
하중단계	하중크기(kN)
1	35~40
2	53~58
3	74~77
4	111~116

3. 시험도로 중앙부 시험결과

슬래브 중앙에서 처짐 시험을 실시한 결과 최대처짐은 온도구배가 최대가 되는 오후 2시경에 가장 근접한 12시 시험에서 나타났고 최소처짐은 온도구배가 최소가 되는 오전 7시경에 가장 근접한 8시 시험에서 나타났으며 동적지지력 및 탄성계수는 반대의 경향을 나타내었다. 이것은 온도구배가 높아질수록 포장 슬래브 상부 팽창량이 하부의 팽창량 보다 커서 위로 볼록한 형태가 되기 때문에 지지상태가 나빠지기 때문으로 동적지지력과 탄성계수의 산정은 기본적으로 온도구배가 없는 상태에서 유도된 식이지만 온도구배로 인하여 포장하부에 부분접착 조건이 발생하는 환경에 적용하는 경우에도 유의할 만한 경향을 얻을 수 있을 것으로 판단되었다.

3.1 정규화된 최대처짐의 변화

정규화된 최대처짐의 시간에 따른 변화는 그림 2와 같다. 정규화된 처짐이란 단계별로 다른 하중에 따른 처짐을 40kN로 환산하여 구한 처짐으로 콘크리트 포장에서 하중의 증가에 따른 처짐의 증가가 선형으로 변화한다고 가정하고 측정 하중과 40kN의 비율에 측정 하중에 의한 처짐을 곱하여 구하였다. 그림에서와 같이 최대처짐은 70~120mm사이에서 변화를 일으켰고 점심부근으로 타설시간이 추정되는 J5-0구간에서 가장 큰 진폭을 나타내었으며 저녁부근에 타설된 것으로 추정되는 J6-0구간에서 가장 작은 진폭을 나타내었다. 예상대로 가장 큰 처짐은 대기온도 및 온도구배가 최대가 되어 중앙부가 솟아오르고 단부 및 줄눈은 가라앉는 형태가 되는 시기에 발생하였고, 가장 작은 처짐은 대기온도 및 온도구배가 최소가 되어 중앙부가 가라앉고 단부 및 줄눈이 솟아오르는 형태가 되는 시기에 발생하였다. 온도구배의 패턴은 태양광선이 없는 저녁시간에는 점차적으로 온도가 낮아지다가 일출이 시작되면서 급격히 올라가는 추세를 나타내었고 처짐의 변화와 같은 양



상을 보이었는데 10월 6일에 최소처짐이 얻어지는 시간은 최소 온도가 얻어지는 시간과 거의 일치하였고 최대처짐이 얻어지는 시간은 최대 온도가 얻어지는 시간과 거의 일치하는 것으로 판단되었다.

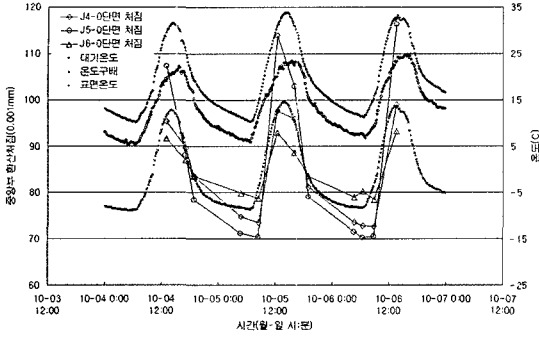


그림 2. 정규화된 최대처짐의 변화양상

3.2 동적지지력의 변화양상

동적지지력이란 AASHTO의 역산방법에 따라 산정된 지지력으로 동적하중에 의해서 얻어진 지지력을 이야기 하며 이 값의 1/2를 정적지지력으로 사용한다 (AASHTO, 1993). 이 방법은 AREA법으로도 알려져 있으며 FWD에서 얻어진 표면 처짐과 충격하중을 이용하여 얻는다. 시간의 변화에 따른 동적지지력의 변화양상은 그림 3과 같고 처짐의 변화가 큰 J5-0구간에서 가장 큰 동적지지력의 변화를 나타내었다. 동적지지력의 변화는 32~70kPa/mm사이에서 변화를 일으켰는데 온도구배가 가장 낮은 새벽시간에 최대 값을, 온도구배가 가장 높은 낮 시간에 최소 값을 나타내었다. 그림 3에서 J5-0, J4-0, J6-0의 순으로 최대 동적지지력을 가지고 J5-0, J4-0, J6-0의 순으로 최소 동적지지력을 가지는데 이러한 순서는 그림 1에서 J5-0, J4-0, J6-0의 순으로 최대 처짐을 가지고 J5-0, J4-0, J6-0의 순으로 최소 처짐을 가지는 것과 밀접한 관련이 있다. 이것은 동적지지력이 큰 곳의 경우 동일한 두께와 탄성계수를 가지는 콘크리트 슬래브에서 더 큰 컬링의 효과를 가져 더 큰 처짐을 유발하게 되고 낮 시간에 더 낮은 동적지지력을 가지게 되

는 것과 관계가 있는 것으로 판단된다.

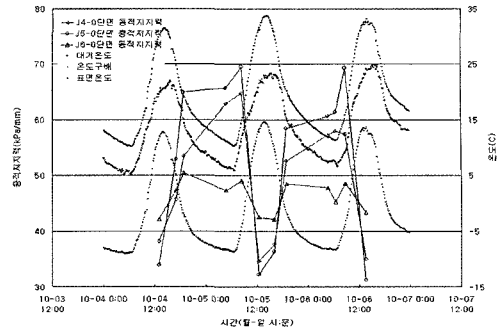


그림 3. 동적지지력의 변화양상

3.3 탄성계수의 변화양상

콘크리트 슬래브에 대한 탄성계수의 변화양상을 조사하였다. 탄성계수의 변화양상은 위에서 적용한 AREA법 (AASHTO, 1993)과 역산프로그램인 Elmod 5(Dynatest, 2004)를 사용하여 구하였다. 식 1을 통해 얻어진 길이 단위 처짐 특성 값과 최대 처짐 d_0 은 서로 독립적인 값으로 표층과 기초의 탄성계수를 구하는데 사용되며 Hoffman과 Thompson은 연성포장의 역산을 수행하기 위한 계산도표를 개발하였다(Darter et al, 1992). 이러한 AREA의 개념은 1980년대 초에 콘크리트포장의 k 와 E 를 구하기 위해 사용되었고 ILLISLAB를 도입하여 상대강성반경으로 변환하고 이를 최대 처짐과 함께 식 2의 Westergaard 지지력 공식에 넣어 동적지지력을 구하고 식 3을 통해 탄성계수를 구하는 방법으로 AASHTO에서 사용되고 있다.

$$AREA = \frac{A}{2d_0} [d_0 + 2 \times (d_1 + d_2 + \dots + d_{n-1}) + d_n] \quad \text{식 1}$$

$$k = \left(\frac{P}{8d_0 l_k^2} \right) \left\{ 1 + \left(\frac{1}{2\pi} \right) \times \left[\ln \left(\frac{a}{2l_k} \right) + \gamma - 1.25 \right] \left(\frac{a}{l_k} \right)^2 \right\} \quad \text{식 2}$$

$$E = \frac{12 \times (1 - \nu^2) \times k \times l_k^4}{h^3} \quad \text{식 3}$$



여기에서, d_i =FWD에서 측정된 각 센서의 처짐값
 n =FWD 센서의 개수 -1,
 A =센서의 간격(등간격인 경우)
 k =노상지지력, P =하중의 크기
 a =재하판 반경, l_k =상대강성반경
 E =탄성계수, h =슬래브 두께, μ =프라이송 비

Elmod 5를 사용하는 경우 적용된 물성은 J4-0구간의 경우 표층 두께 30cm, 기층 두께 12cm를 J5-0구간의 경우 표층 두께 30cm, 기층 두께 17cm를 J6-0구간의 경우 표층 두께 30cm, 기층 두께 18cm를 사용하였으며 표층, 기층 및 노상의 포아송 비는 각각 0.15, 0.2 및 0.45를 사용하였다. 사용된 알고리즘은 등가두께법(Method of Equivalent Thickness:이하 MET)으로 각 층의 탄성계수를 노상과 같은 탄성계수를 가지는 등가두께로 변화시켜 처짐을 구하는 방식으로 그림 4와 같은 개념을 가지고 있으며 식 4를 통해 등가두께로 변환한다. MET 알고리즘의 구현은 상용 소프트웨어인 Elmod 5를 이용하였다.

$$\frac{h_1, E_1, \nu_1}{E_2, \nu_2} \Rightarrow \frac{h_e, E_2, \nu_2}{E_2, \nu_2}$$

그림 4. MET의 층구조 변환 개념

$$\frac{h_1^3 E_1}{1 - \nu_1^2} = \frac{h_e^3 E_2}{1 - \nu_2^2} \quad \text{or} \quad h_e = h_1 \sqrt{\frac{E_1}{E_2} \times \frac{1 - \nu_2^2}{1 - \nu_1^2}} \quad \text{식 4}$$

Elmod 5는 일반적인 다층탄성 역산 프로그램과 같이 7개의 지오폰에서 얻어진 처짐과 가장 작은 절대오차를 가질 때 까지 반복적인 계산을 수행하여 탄성계수를 얻는 프로그램이다. 다층탄성 프로그램을 이용한 역산은 필연적으로 층과 층 사이가 접촉된 것으로 가정하게 되는데 온도구배를 받는 경우 층 사이에는 비 접촉조건이 적용되기 때문에 이러한 역산방식은 원래의 가정을 벗어나게 되지만 온도조건에 따른 처짐 특성에 따라 역산의 결과가 어떠한 경향을 보이는지를 검토하여 향후 역산기법을 적용

하는 경우에 중요한 자료로 사용될 수 있을 것으로 판단되었다.

AREA법을 사용하여 얻은 탄성계수의 변화양상은 그림 5와 같고 MET를 사용하여 얻은 표층 및 린층 크리트 층에서의 탄성계수 변화양상은 그림 6과 같다. 탄성계수의 변화는 동적지지력이 시간에 따라 변화하는 것과 같은 경향을 나타내어 대기온도 및 온도구배가 높을 때 작은 값을 낮은 때에는 큰 값을 나타내었다. 따라서 FWD를 이용하여 탄성계수를 추정하는 경우 측정하는 시간에 따른 변화를 고려하여야 할 것으로 판단되었다.

AREA법을 사용하는 경우 오전시간에 J6-0에서 가장 큰 탄성계수를 나타내었고 J4-0에서 불규칙한 탄성계수의 변화를 보였으나 MET을 사용하는 경우 J4-0에서 가장 큰 탄성계수를 가지는 것으로 나타났

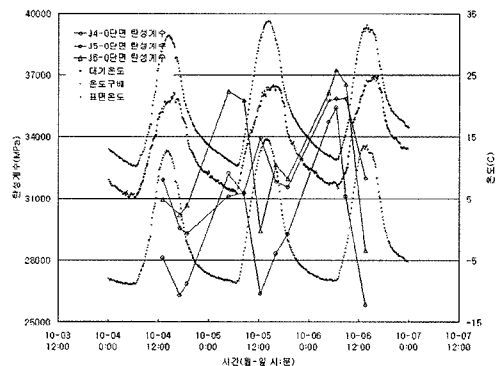


그림 5. AREA법을 사용하는 경우 표층에서 시간에 따른 탄성계수 변화양상

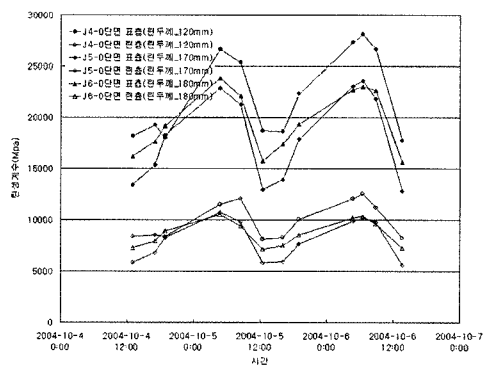


그림 6. MET을 사용하는 경우 표층과 린층에서 시간에 따른 탄성계수 변화양상



고 비교적 규칙적인 탄성계수의 변화를 나타내었다. 두 가지 방법은 절대적인 값은 차이가 있으나 전체적인 경향은 유사하였고 AREA법을 통한 결과 가운데 일부에서 추세와는 다른 변동이 발생하여 MET을 사용하는 경우 온도변화에 따른 경향을 좀 더 합리적으로 나타내는 것으로 판단되었다.

그림 7은 MET을 사용하는 경우 노상층에서의 시간에 따른 탄성계수 변화를 나타내는 것으로 J6-0에서 가장 낮은 동적지지력을 제시하는 그림 7의 동적지지력 변화양상과 유사한 경향을 나타내었다. AREA법을 이용하는 탄성계수 역산에서는 왜곡된 값을 제시하는 1단계 하중을 제외하였으나 MET을 통한 역산에서는 4단계 하중을 모두 사용하였는데 단계변화에 따라 탄성계수가 다른 경향을 나타내지는 않는 것으로 판단되었다.

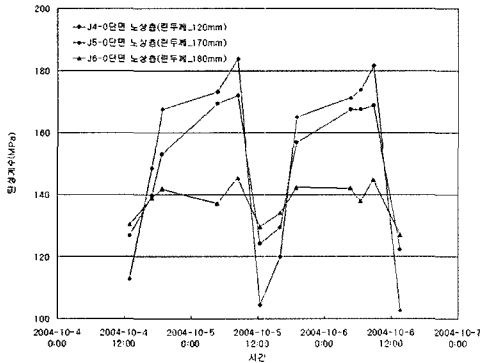


그림 7. MET을 사용하는 경우 노상층에서 시간에 따른 탄성계수 변화양상

4. 시험도로 줄눈부 시험결과

시험도로 콘크리트 포장의 중앙부와 함께 동일 슬래브의 줄눈에서 처짐시험을 실시하였고 차륜이 통과하는 위치를 대상으로 하였다. 줄눈의 처짐은 중앙과는 반대의 경향을 나타내게 되는데 온도구배로 인한 중앙부의 변위가 상향 최대가 되는 시기에 줄눈부의 변위는 하향 최소가 되는 거동특성을 가지고 있기 때문이다. 이러한 변위는 포장체의 탄성계수, 지지력

및 하중전달 상태에 영향을 받기 때문에 복잡한 양상을 나타낸다. 따라서 이러한 변위는 측정위치에 따라서도 다른 경향을 보일 수 있으나 본 연구에서는 포장의 평가에 가장 많이 이용되는 차륜 통과부의 거동에 초점을 맞추고 거동의 특이성을 분석하였다.

4.1 정규화된 최대처짐의 변화

줄눈에서 정규화된 최대처짐 변화양상은 그림 8과 같이 중앙에서 정규화된 최대처짐과 반대되는 양상으로 온도가 낮은 아침시간에 최대 처짐을 나타내었고 온도가 높은 저녁시간에 최소 처짐을 나타내었다. 이러한 경향은 오전시간에 상향 컬링으로 인해 줄눈 지지상태가 낮아지고 오후시간은 하향 컬링으로 인해 지지상태가 높아지므로 발생한 것으로 판단된다. 그림에서와 같이 처짐의 변화양상은 아침시간에 J5-0, J6-0, J4-0구간의 순서로 최대 처짐을 나타내었고 오후시간에 J6-0, J5-0, J4-0구간의 순서로 최소 처짐을 나타내었다. 오후시간의 경우 J4-0, J5-0, J6-0구간의 처짐 차이는 큰 차이를 나타내지 않고 특별한 경향을 보이지는 않는 것으로 판단되고 아침시간의 경우에도 J5-0과 J6-0구간의 처짐도 특별한 차이와 경향을 보이지는 않는 것으로 판단된다. 특이한 사실은 아침시간에 아침 타설 구간 J4-0의 처짐이 상대적으로 작게 나타나는 것으로 아침시간에 타설된 포장의 시공변형(built-in-temperature)이 가장 크기 때문이 점심 및 저녁 타설 구간보다 처

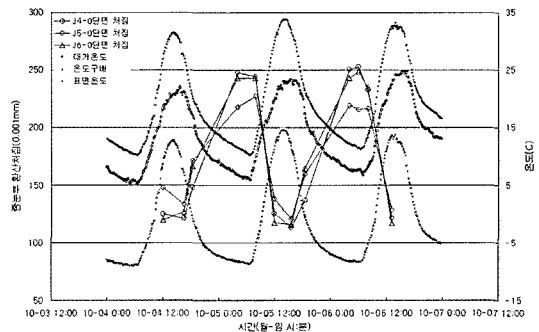


그림 8. 줄눈에서의 정규화된 최대처짐 변화양상



짐이 크게 나타나는 기존의 연구결과(Jeong, 2006)를 통해서 기대된 경향은 나타나지 않았다.

4.2 하중전달을 변화양상

줄눈에서의 하중전달을 변화양상은 그림 9와 같이 정리된다. 그림에서와 같이 하중전달율은 아침에 최대값을 나타낸 후 오후에 접어들면서 급격히 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 아침에 발생한 슬래브 줄눈에서의 상향컬링으로 다우웰의 잠김(locking) 현상이 발생하여 다우웰과 슬래브 간의 마찰력이 크게 증가한 후 낮 시간에 상향 컬링이 줄어들면서 마찰력이 감소하였기 때문에 판단된다(Davids et al 2003, William et al 2001). 이는 슬래브의 횡방향 변형만을 고려하여 전통적으로 새벽에 하중전달율이 최소가 되고 한낮에 최대가 된다고 인식해온 점을 생각해온 것과는 다른 결과를 낳은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 향후 더 많은 시험결과를 통해서 이론 및 현장보충자료를 통해 검증이 필요하지만 시험도료에서의 결과만을 놓고 볼 때 고속도로에서 시공된 콘크리트포장에서 실시된 하중전달을 시험은 시험가능시간 내에서도 안전 측의 값을 얻어낼 수 있을 것으로 판단되었다.

그림에서 점심시간에 타설된 J5-0구간에서 하중전달율의 변화가 가장 크게 나타났고 전반적인 하중전달율도 낮은 것으로 나타났다. 다우웰 바가 조사된 모든 구간에 설치된 점을 생각하면, 이러한 사실은

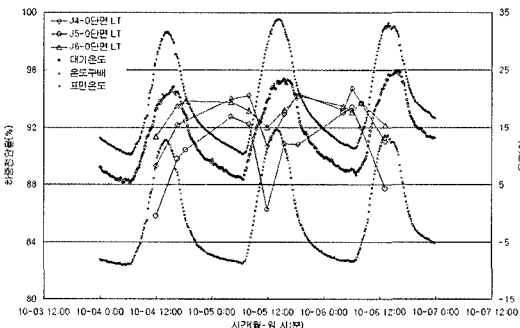


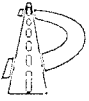
그림 9. 하중전달을 변화양상

다우웰의 설치상태가 반영된 것으로 다우웰이 불량하게 설치된 위치와 양호하게 설치된 위치에서 다우웰 잠김에 의한 하중전달을 변화의 폭이 달랐기 때문에 판단되나 하중전달에 미치는 요인이 여러 가지이므로 향후 다우웰의 설치상태를 포함한 면밀한 조사, 추가적인 실험 및 이론을 통한 검증이 필요한 것으로 판단된다.

5. 결론

온도구배를 받는 콘크리트포장의 48시간 연속적인 거동을 시험도료를 통해서 조사하였다. 시험은 슬래브의 중앙과 줄눈에서 FWD를 이용한 처짐을 조사하여 비교하는 방법을 택하였고 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 포장슬래브의 중앙부에서 측정된 최대 처짐은 70~120 μ m를 나타내었고 대기온도 및 온도구배와 유사한 경향으로 변화하였으며 최소 및 최대 온도 및 온도구배에 근접한 시험시간인 아침 8시에서 12시 사이에서 매우 급격한 변화를 나타내었다. 최소 처짐과 최대 처짐이 발생하는 시간은 최소 및 최대 온도구배 및 표면온도가 발생하는 시간과 거의 일치하는 것으로 나타났다.
- 2) 동적지지력은 대기온도 및 온도구배와 반대되는 경향을 나타내며 변화하였다. 동적지지력이 높은 구간의 경우 32~70kPa/mm사이에서 변화를 하였으나 동적지지력이 낮은 구간의 경우 42~50kPa/mm사이에서 변화를 나타내어 동적지지력이 높을수록 온도구배의 영향을 심하게 받는 것으로 판단되었다.
- 3) 탄성계수의 변화양상을 AREA법과 MET을 사용하여 조사하였다. 탄성계수의 변화가 동적지지력이 시간에 따라 나타내는 변화와 같은 경향을 나타내어 대기온도 및 온도구배가 높을 때 작은 값을 낮은 때에는 큰 값을 나타내었다. 따라서 포장



구조진단기를 사용하여 포장 탄성계수를 추정하는 경우 측정시간에 유의해야 할 것으로 판단되었다. 탄성계수의 역산은 AREA법과 MET을 사용하여 계산하는 것 모두 값의 경향은 전체적으로는 유사한 것으로 판단되지만 MET을 사용하는 경우 좀 더 합리적인 값을 나타내는 것으로 판단되었다.

- 4) 줄눈의 최대 처짐은 대기온도 및 온도구배와 반대되는 양상을 나타내었고 동적지지력 및 하중전달율과 큰 유의성을 나타내지는 않았다. 줄눈에서의 하중전달율은 다우웰 바의 존재로 인해서 전체적으로 큰 변화를 나타내지는 않았으나 오후로 접어들면서 급격하게 하중전달율이 떨어지는 특성을 나타내었다. 이러한 결과는 슬래브의 컬링에 의한 다우웰 바의 잠김 때문에 발생한 것으로 판단되지만 향후 실험 및 이론적인 검증이 필요할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. AASHTO(1993), *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, Washington, D.C.
2. W.G. Davids, Z. Wang, G. Turkiyyah, J.P. Mahoney, and D. Bush(2003), "Three-Dimensional Finite Element Analysis of Jointed Plain Concrete Pavement with EverFE2.2," *Transportation Research Record 1853*, TRB, pp.92-99.
3. Dynatest(2004), "Quick Start Manual - Elmod 5," Dynatest International A/S.
4. J.H. Jeong(2003), "Characterization of Slab Behavior and Related Material Properties Due to Temperature and Moisture Effects," Ph.D. Dissertation, Texas A&M University.
5. J.H. Jeong, J.H. Lee, Y.C. Suh and D.G. Zollinger(2006), "Effect of Slab Curling on

Movement and Load Transfer Capacity of Saw-Cut Joints," *Submitted for Presentation at 2006 Annual Meeting of Transportation Research Record*.

6. J.H. Jeong and D.G. Zollinger(2005), "Environmental Effects on the Behavior of Jointed Plain Concrete Pavements," *Journal of Transportation Engineering, ASCE, Nol.131, No.2*, pp.140-148.
7. L. Khazanovich, S.D. Tayabji, and M.I. Darter(2001), "Backcalculation of Layer Parameters for LTPP Test Sections, Volume I : Slab on Elastic Solid and Slab on Dense-Liquid Foundation Analysis of Rigid Pavements," *FHWA-RD-00-086*. Federal Highway Administration.
8. M.I. Darter, K.D. Smith, and K.T. Hall(1992), "Concrete Pavement Backcalculation Results from Field Studies," *Transportation Research Record 1377, TRB*, pp.7-16.
9. S. Rao, and J.R. Roesler(2005), "Characterizing Effective Built-In Curling from Concrete Pavement Field Measurements," *Journal of Transportation Engineering, ASCE*.
10. G.W. William and S.N. Shoukry(2001), "3D Finite Element Analysis of Temperature-Induced Stresses in Dowel Jointed Concrete Pavements," *International Journal of Geomechanics, Vol.1, No.3*, pp.291-308.
11. 유태석, 한승환, 서진원, 우정원(2000), 비파괴시험을 통한 콘크리트포장 하부 평가기법 개발, 도로연 00-23, 한국도로공사 도로교통기술원.
12. 유태석, 한승환, 염상국(2004), 콘크리트포장의 구조적 평가를 위한 기준연구, 도로교통 PA-04-09, 한국도로공사 도로교통기술원.
13. 권순민, 김지원, 이재훈, 김도완, 정현구, 윤경구(2002), 한국도로공사 시험도로의 건설 현황, 도로포장공학회지 특집기사, 도로포장공학회, pp.23~40.

<접수 : 2005. 8. 30>