

# 현장 실험을 통한 장스팬 콘크리트 포장 슬래브의 컬링 거동 분석

## Field Measurement and Analysis of Long-Span Concrete Pavement Slab Curling

윤동주\* · 김성민\*\* · 박희범\*\*\*

Yun, Dong Ju · Kim, Seong-Min · Park, Hee Beom

### 1. 서론

콘크리트 도로 포장의 공용성을 지배하는 주요 인자로서 환경하중에 의해 발생하는 응력을 들 수 있다. 콘크리트 포장은 개통되기 이전에 환경하중에 의해 손상을 받기 쉽기 때문에 환경하중에 의한 거동 분석이 매우 중요시 되고 있다. 환경 하중이 작용할 때 콘크리트 포장 슬래브는 그림 1과 같은 쪼그라들(curl down)과 굽어(curl up)에 의한 컬링(curling)현상이 발생하게 되며 이로 인해 응력이 발생하게 된다. 이러한 환경하중에 의한 응력은 표면건조수축균열, 스폴링, 편치아웃, 내부수평균열 등의 손상의 원인이 된다. 따라서 콘크리트 포장 슬래브의 컬링 거동을 적절하게 분석하여 특성을 파악하는 것이 매우 중요하다.

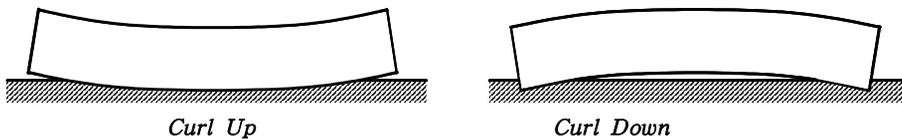


그림 1. 콘크리트 포장 슬래브의 컬링 현상

콘크리트 포장 형식 중에 최근에 주목받고 있는 포장 형식으로 포스트텐션 콘크리트 포장(PTCP: Post-Tensioned Prestressed Concrete Pavement)을 들 수 있다. 준콘크리트 포장에서는 준눈 간격을 하나의 슬래브로 고려하며 연속철근콘크리트 포장에서는 균열 간격을 하나의 슬래브로 고려하여 컬링에 대한 분석을 수행하는 것이 일반적이므로 슬래브 하나의 길이가 6m 이하인 경우가 일반적이지만 PTCP는 준눈 간격이 일반적으로 100m 이상이므로 이러한 PTCP 슬래브의 컬링 거동을 분석하는 것이 장스팬 콘크리트 포장 슬래브의 컬링 거동을 이해하는데 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 연구의 목적은 현장 실험을 통해 PTCP 슬래브 등 준눈간격이 100m 이상으로 긴 장스팬 포장 슬래브의 컬링 특성을 분석하는 것이다. 장스팬 포장 슬래브에 대한 컬링 거동 측정 현장 실험을 수행하여 실제 장스팬 포장 슬래브의 컬링 특성을 분석하였다.

### 2. 현장실험 셋업

장스팬 콘크리트 포장 슬래브의 컬링 거동을 측정하여 특징을 분석하기 위한 현장 실험은 동수원 IC 근처에 시험시공 된 길이 120m, 폭 8.2m, 두께 0.15m의 PTCP 슬래브에서 수행되었다. 슬래브의 위치별 수직

\* 학생회원 · 경희대학교 토목공학과 석사과정(E-mail : yowaa@khu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 교수·교신저자 · 031-201-3795(E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

\*\*\* 학생회원 · 경희대학교 토목공학과 박사과정(E-mail : bambams@khu.ac.kr) -발표자

방향 변위를 측정하기 변위 측정계 LVDT는 그림 2에 보인 바와 같이 양 끝 조인트 부분과 조인트로부터 종방향으로 20m 간격으로 설치하였다. 실험 시에 슬래브의 온도 변화를 슬래브 깊이에 따라 측정하기 위하여 온도 측정 센서인 Thermochron i-Button을 슬래브 표면, 7.5cm, 15cm 깊이에 장착하였다. 또한 대기 온도 측정을 위한 온습도 측정 센서인 Hygrochron i-Button을 슬래브 근처에 설치하였다.

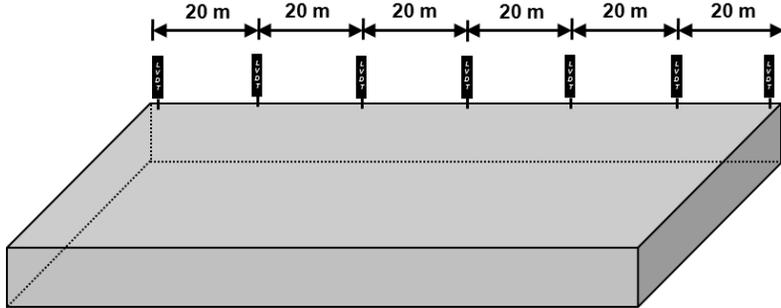


그림 2. 수직방향 LVDT 설치

### 3. 컬링 거동 분석

약 일주일간의 대기 온도 변화와 이에 따른 슬래브의 깊이별 온도변화 추세를 그림 3에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 대기의 온도가 상승하면 슬래브 표면의 온도가 가장 먼저 상승하며 깊이가 깊어질수록 최대온도가 낮아지게 된다. 또한 각 측정 깊이에서 최대 온도에 다다른 시간은 깊이가 깊어질수록 늦어지는 것을 알 수 있다. 이와 반대로 대기의 온도가 감소하면 슬래브 표면의 온도가 가장 많이 감소하게 되며 깊이가 깊어질수록 온도변화가 작은 것을 알 수 있다. 따라서 낮에는 슬래브 표면의 온도가 가장 높고 슬래브 하부의 온도가 가장 낮아져서 슬래브가 쪼그라들게 되며, 반대로 새벽에는 슬래브 표면의 온도가 가장 낮고 슬래브 하부의 온도가 가장 커져서 슬래브가 컬입을 하게 된다. 이는 두께가 0.15m인 포장 슬래브에서도 일반적인 콘크리트 포장 두께인 0.3m일 경우와 거의 유사한 온도변화 경향이 발생한다는 것을 의미한다.

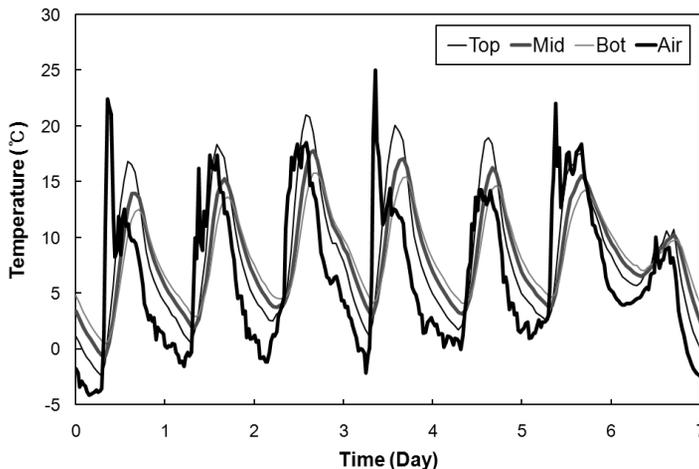


그림 3. 깊이에 따른 온도변화

슬래브의 컬링 현상을 분석하기 위하여 깊이별 온도 변화를 이용한 평형 선형 온도구배(김성민 외, 2008)를 구하여 그림 4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 대기의 온도 증가에 의해 슬래브의 상부 온도가 증

가하였을 때는 슬래브의 쫄다운을 야기하는 부(-) 온도구배가 증가하며 대기 온도 감소에 의해 슬래브의 상부 온도가 감소하였을 때는 슬래브의 쫄업을 야기하는 정(+) 온도구배가 증가하는 것을 알 수 있다.

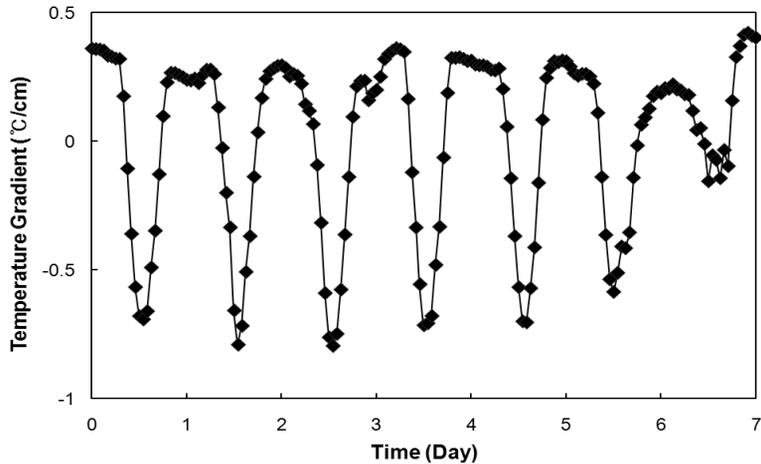


그림 4. 수직 온도구배 변화

장스팬 슬래브가 그림 3과 4에 나타난 온도 변화를 받을 때의 쫄림 거동을 그림 5에 나타내었다. 그림에서 수직변위 측정값의 기울기가 음(-)의 방향이면 쫄림이 발생하는 것이며 양(+의 방향이면 쫄다운이 발생하는 것으로 표시하였다. 쫄림 현상이 발생하면 슬래브의 양 끝 지점인 0m와 120m 지점이 가장 큰 수직변위 변화량을 보여야 하지만 그림에서 볼 수 있듯이 120m 지점은 가장 작은 수직변위의 변화를 나타내었고 0m 지점도 다른 지점들에 비해 작은 변화량을 나타내었다. 그 이유는 실험에 사용된 장스팬 슬래브의 양단 조인트는 Wide Flange 형식의 조인트이며 이러한 조인트가 슬래브의 쫄림 거동을 일부 구속하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 슬래브의 양 끝단을 제외한 다른 위치에서의 쫄림 거동을 살펴보면 수직변위의 변화가 서로 매우 비슷한 것을 알 수 있다.

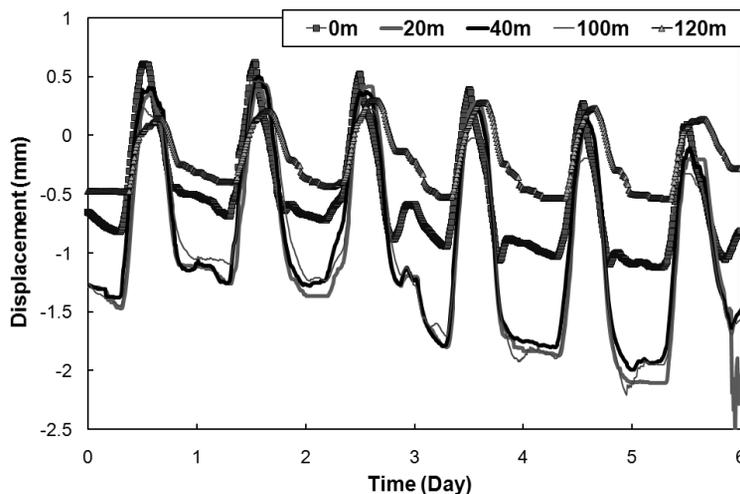


그림 5. 쫄림에 의한 수직 변위 변화

그림 6에서는 그림 4에 나타낸 수직 온도구배와 그림 5에 나타낸 수직 변위 변화를 이용하여 일일 온도구배와 수직 변위와의 관계를 구하여 보여준다. 이미 살펴본 바와 같이 0m와 120m 지점은 조인트의 구속으로 인해 온도구배 변화에 따른 슬래브의 수직 변위 변화량이 그리 크지 않은 것을 알 수 있으며, 그 이외의 부분에서는 온도구배의 변화에 따른 수직변위의 변화가 서로 매우 비슷한 것을 볼 수 있다. 또한 온도구배가 증가할 때 수직변위가 감소하는 정도는 온도구배가 감소할 때 수직변위가 증가하는 정도와 매우 비슷하므로, 슬래브가 쫄고 풀릴 때 온도구배의 변화에 따른 수직변위의 변화가 서로 비슷한 추세를 보인다는 것을 알 수 있다.

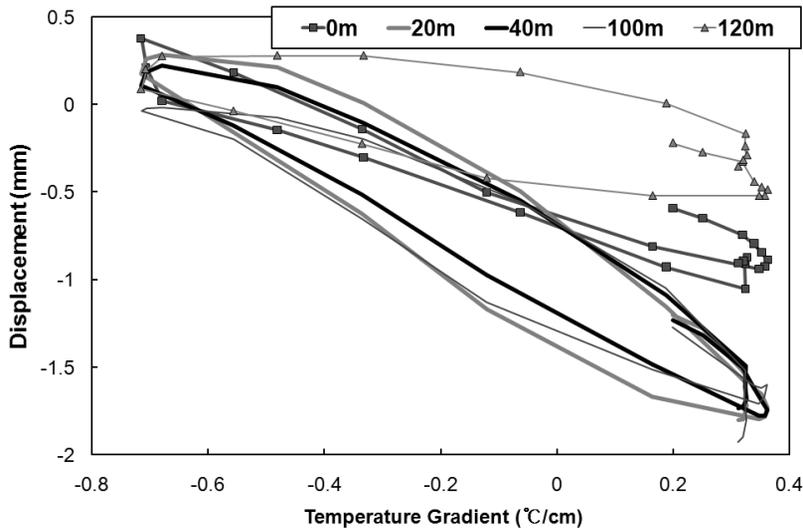


그림 6. 온도구배에 따른 슬래브 위치별 수직변위 변화

#### 4. 결 론

본 연구는 장스팬 콘크리트 포장 슬래브의 환경하중에 의한 쫄림 거동 특성을 분석하기 위하여 수행되었다. 실제 시공된 PTCP 슬래브를 이용하여 현장 실험을 수행함으로써 장스팬 슬래브의 쫄림 거동 특성을 실험적으로도 분석하였다. 본 연구를 수행함으로써 도출한 결론은 다음과 같다.

- 장스팬 슬래브 단부에 철재 빔을 이용한 조인트를 사용할 경우에는 쫄림이 이로 인해 억제될 받게 되며 따라서 쫄림 응력이 단부까지 발생하게 된다. 하지만 슬래브에 발생하는 최대 응력은 거의 영향을 받지 않는다.
- 장스팬 포장 슬래브의 쫄림 거동을 실측한 결과 단부에서 어느 정도 안쪽으로 들어오면 종방향 모서리를 따라 발생하는 수직 변위의 변화가 위치에 관계없이 거의 유사하게 된다.
- 장스팬 슬래브가 쫄림할 때 온도구배의 변화에 따른 슬래브 수직 변위의 변화는 쫄고 풀릴 때 서로 매우 유사한 양상을 보였으며 거의 선형의 관계를 나타낸다.

#### 참고 문헌

1. 김성민, 박희범 (2008). “지반위에 놓인 콘크리트 슬래브의 온도하중 하의 쫄림 거동 및 하부층 영향 실험적 분석,” 한국도로학회논문집, 한국도로학회, Vol. 10, No. 4, pp. 171-180.