

재령초기 콘크리트포장 줄눈거동에 미치는 온도의 영향

Effect of Temperature on Joint Movement of JPCP at Its Early Age

최기효* · 정진훈** · 천성한*** · 박문길****

Choi, Ki-Hyo · Jeong, Jin-Hoon · Chun, Sung-Han · Park, Moon-Gil

Abstract

The temperature variation of concrete pavement at early-age significantly affects the initiation and movement of joint cracks. For this analysis, we have built on IIA(Incheon International Airport) concrete pavement construction zone, and we measured the temperature and movement of the concrete slabs by using thermocouples, moisture sensors, V/W strain gages, and Demac discs. The analysis results showed that pavement's temperature significantly affected the joint movement. The widths of the joint cracks increased at evening and early in the morning when the temperature dropped but, those decreased in the day time when the temperature rose because of the effect of thermal expansion of the concrete slabs. The movements of the joints where the cracks never developed showed opposite trend to the cracked joints.

key words : concrete pavement, early-age, joint crack, temperature

콘크리트포장의 줄눈의 초기균열발생과 움직임에 영향을 주는 중요한 인자는 콘크리트 내부의 초기온도이므로 이를 측정하고 분석하는 것은 매우 중요하다. 이를 연구하기 위해 인천국제공항 포장공사 지역에 써머커플과 습도센서, 진동형스트레인게이지, 디멕디스크 등을 설치하였다. 초기균열 거동은 디멕게이지를 이용하여 측정하였고, 초기균열 및 줄눈분 균열은 육안으로 확인 하였다. 분석결과, 콘크리트포장의 온도는 줄눈거동에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 줄눈에 발생한 균열의 폭은 콘크리트슬래브의 열팽창의 영향으로 온도가 하강하는 야간이나 새벽에 증가하고, 온도가 상승하는 주간에는 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 균열이 발생하지 않은 줄눈의 거동은 이와는 반대의 경향을 나타내었다.

1. 서 론

콘크리트포장을 할 때에 슬래브에는 타설 직후 생기는 콘크리트 내의 수화열로 인하여 주간에는 많은 열이 발생하고 밤에는 주위의 온도가 떨어지므로 대기로 열을 빼앗긴다. 대기와 접하는 콘크리트 슬래브 표면에서의 온도와 습도의 변화는 슬래브 내부에서의 변화보다 크기 때문에 콘크리트 슬래브의 상단과 하단 간에는 온도의 차이가 발생한다. 이 온도차이는 콘크리트슬래브의 상단에 인장응력을 유발하므로 콘크리트 포장 표면에 균열이 발생하는 데에 많은 영향을 준다. 이 논문에서는 콘크리트 포장에 발생한 온도의 변화가 줄눈, 특히 줄눈에 발생한 균열에 어떠한 영향을 주는지에 대하여 연구하기 위해서 콘크리트 슬래브의 온도와 줄눈의 움직임을 측정하고 분석하였다.

* 인하대학교 · 토목공학과 석사과정

** 인하대학교 · 토목공학과 조교수

*** 인천국제공항공사 ·과장 ·공학박사

**** 인하대학교 · 토목공학과 석사과정

2. 현장실험

인천국제공항에 건설되고 있는 콘크리트 포장공사 구간에 스트레인게이지, 습도센서, 써머커플, 그리고 디랙 디스크를 설치하고 2006년 10월 19일 오전 8시 30분부터 오후 6시까지 54개의 슬래브 콘크리트를 타설하였다. 그림 1과 같이 슬래브의 두께는 500mm, 너비는 6000mm, 줄눈간격은 6000mm이고 아스팔트 안정기층 위에 타설하였으며 세로줄눈을 따라 슬래브 길이당 13개의 다우웰바를 설치하였다. 슬래브의 50mm, 200mm, 350mm, 450mm 깊이에 써머커플을 설치하여 온도 변화를 측정하였다. 디랙디스크는 슬래브 옆면의 줄눈사이에 드릴로 판 홈 안에 에폭시를 바닥에 묻힌 디랙디스크를 삽입하여 고정한 후 디랙게이지로 줄눈의 거동을 측정하였다.

콘크리트포장 줄눈 53개 중 52개 줄눈의 움직임이 측정되었으며, 1번에서 20번과 31번에서 52번까지의 줄눈에는 슬래브 상부에만 디랙디스크를 설치하였고, 21번에서 30번까지의 줄눈은 상부와 하부 모두에 디랙디스크를 설치하였다. 줄눈 컷팅은 두 번으로 나누어서 실시하였는데 1번에서 27번까지 줄눈의 컷팅은 오후 7시30분에 시작하여 오후 11정각에 완료하였고, 28번에서 52번까지의 줄눈은 다음날 오전 6시에 컷팅을 시작하였다. 줄눈 컷팅 후 12시간 후인 10월 20일 오후 6시에 2번, 3번, 4번, 5번, 7번, 8번, 9번, 11번, 13번 줄눈에서 최초로 균열이 발생하였다.

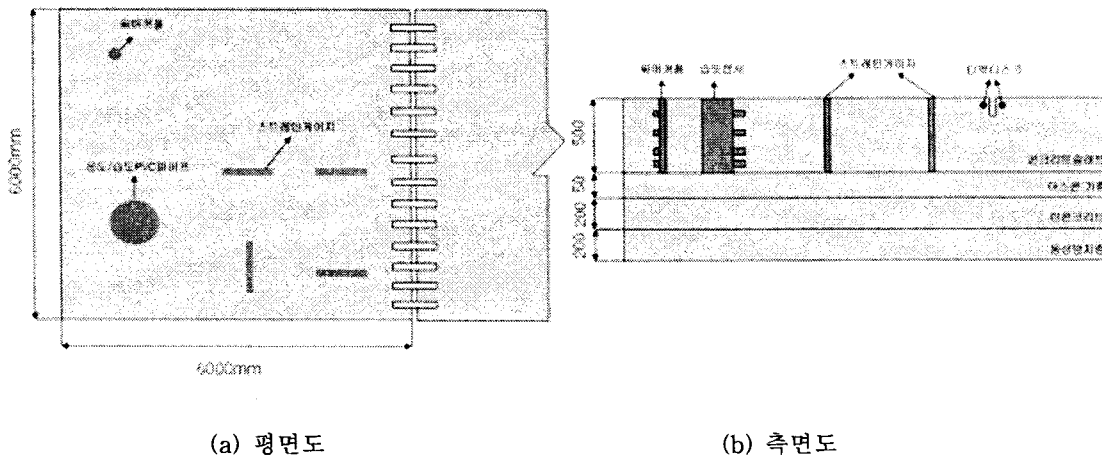


그림 1. 실험장비 설치위치

3. 콘크리트 슬래브의 온도변화와 줄눈의 거동

3.1 슬래브의 내부 온도

콘크리트 타설 후 3일 동안 슬래브의 깊이에 따른 온도를 측정하였다. 콘크리트 슬래브는 시멘트의 수화작용으로 인하여 타설 직후 급격히 온도가 상승하여 그림 2에서 보듯이 타설 이튿날 (2006년 10월20일) 오후 3시경 가장 높은 온도에 도달했다. 이후로 수화작용이 점차 감소하여 콘크리트 슬래브의 온도는 하강하는 경향을 보였다. 타설 후 24시간 동안 50mm 와 450mm 깊이(특히 50mm 깊이)에서의 온도는 150mm와 250mm 깊이에서의 온도보다 낮게 측정되었다. 이는 슬래브 내부의 열이 오랫동안 유지된 반면 상부 표면과 하부 표면의 열은 대기와 아스팔트 기층으로 쉽게 전달되었기 때문으로 판단된다. 대기가 순환하면서 슬래브 상부 표면의 열을 연속적으로 빼앗아 온도를 꾸준히 하강시킨 반면, 아스팔트 기층 상단으로 전달된 열은 하부로 쉽게 빠져나가지 않아 시간이 경과함에 따라 150mm, 250mm, 450mm 깊이에서의 온도는 점차 비슷해졌다.

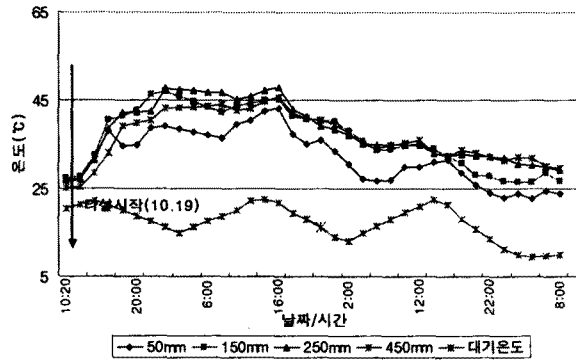


그림 2. 콘크리트 슬래브 온도변화

3.2 줄눈의 균열

본 실험에서 콘크리트포장 슬래브의 줄눈부 균열의 움직임은 그림3과 같다. 그림3의 (a)와 (b)는 전체 52개의 줄눈 중 균열이 발생한 줄눈의 상부와 하부의 움직임을 시간에 따라 보여주며, (c)와 (d)는 균열이 발생하지 않은 줄눈의 상부와 하부의 움직임을 시간에 따라 보여준다. 그림에서 보듯이 균열이 발생한 줄눈은 시간이 지남에 따라 그래프 상에서 식별이 가능할 정도로 움직임이 컸으나 균열이 발생하지 않은 줄눈은 그래프 상에서 식별이 어려울 정도로 움직임이 작았다. 균열이 발생한 줄눈폭의 증가는 초기에 컸으나 시간이 지남에 따라 점차 줄어드는 경향을 보여 주었다. 육안으로 균열이 발생하지 않은 줄눈 중 소수는 특정시간에 거동이 큰 것으로 측정되었으나 이는 측정에 오차가 있었거나 인접한 줄눈에 갑자기 균열이 발생하면서 영향을 받은 것으로 판단되나 이에 대한 보다 세밀한 분석이 필요하다. 그림3의 (d)에 보인 특이하게 큰 줄눈거동의 경우 측정에 오류가 발생한 것으로 판단되었다.

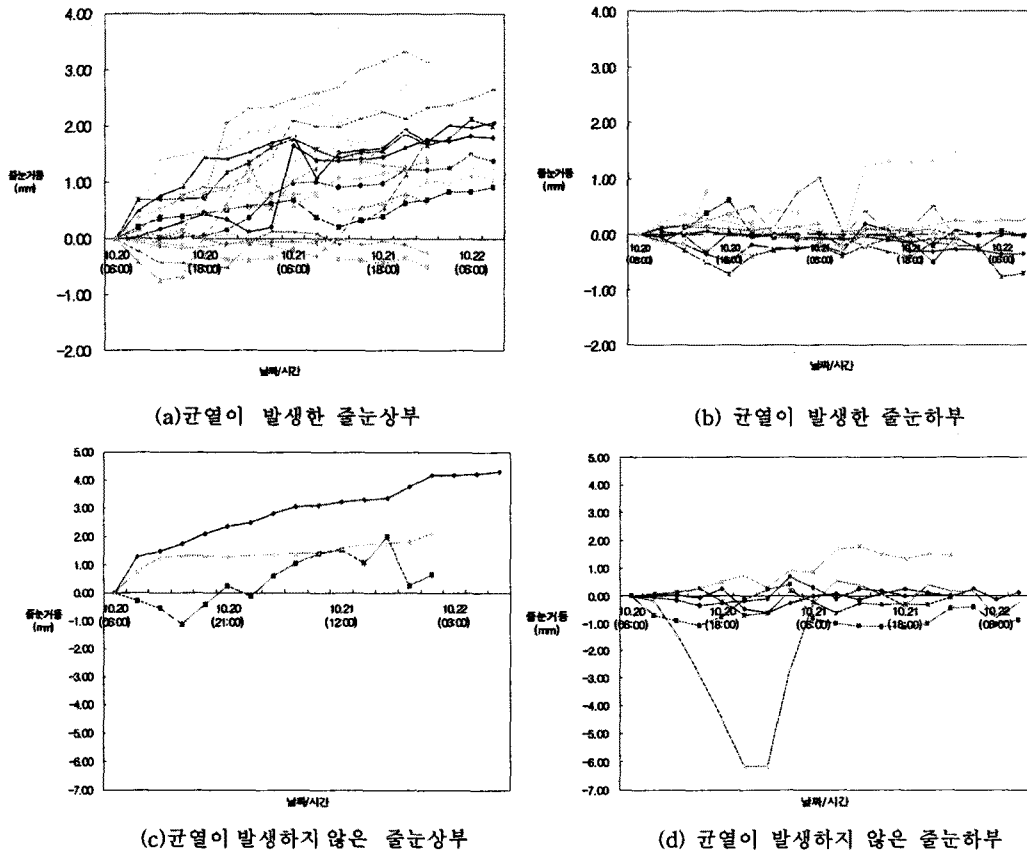


그림 3. 줄눈의 거동

3.3 온도와 균열의 관계

균열이 발생한 줄눈의 폭은 온도가 하강하는 저녁이나 새벽에 커지고, 온도가 상승하는 주간에는 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 이와는 반대로 균열이 발생하지 않은 줄눈의 폭은 밤시간에 작아지고 낮에 커지는 것으로 관찰되었다. 그림4와 같이 줄눈의 움직임을 x축으로 놓고 움직임을 측정된 깊이에서의 온도를 y축으로 놓았을 때 선형의 관계가 있음을 알 수 있었다. 균열이 발생한 줄눈의 경우 그림4의 (a)와 같이 온도가 높을수록 줄눈의 폭이 작아지고, 온도가 낮을수록 줄눈의 폭이 커지는 것을 알 수 있었으며, 균열이 발생하지 않은 줄눈의 경우 그림4의 (b)와 같이 반대의 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 이는 콘크리트의 열팽창 때문에 발생한 현상으로 야간에 콘크리트 슬래브의 온도가 낮아지고 체적이 감소하면서 균열의 폭을 증가시켰으며 균열이 발생하지 않은 줄눈의 경우 단순히 슬래브의 온도하강에 의한 콘크리트의 체적감소가 줄눈부에서 측정되어 줄눈폭이 감소된 것으로 판단되었다.

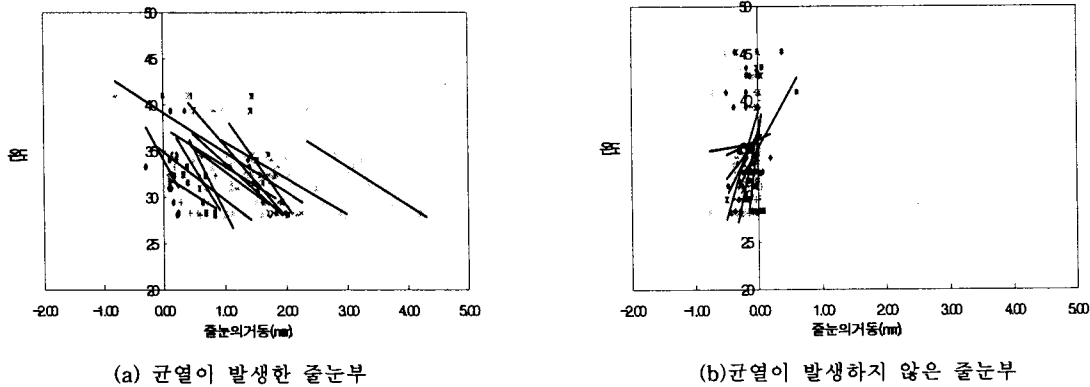


그림 4. 온도-줄눈거동의 관계

4. 결론

본 연구에서는 콘크리트포장의 온도와 줄눈의 움직임을 계측하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 슬래브의 온도는 수화열로 인하여 높은 온도를 나타낸 후 대기온도에 수렴하여 갔으며 슬래브의 중간 깊이에서 높은 온도를 나타낸 반면 대기와 접하는 슬래브 상단에서 상대적으로 낮은 온도를 나타내었다.
- (2) 콘크리트의 열팽창의 영향으로 인하여 균열이 발생한 줄눈의 폭은 온도가 하강하는 야간이나 새벽에 증가하고, 온도가 상승하는 주간에는 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 균열이 발생하지 않은 줄눈의 경우 이와는 반대의 경향을 나타내었다.
- (3) 균열이 발생한 줄눈은 슬래브의 팽창과 수축에 의한 균열폭의 변화로 인하여 균열이 발생하지 않은 줄눈보다 더 큰 움직임을 보였다. 대기에 더 근접한 줄눈상부는 줄눈하부에 비하여 밤낮으로 온도차이가 더 크므로 더 큰 줄눈거동을 나타내었다.
- (4) 줄눈의 거동과 온도는 선형적 관계가 있음을 알 수 있었다. 균열이 발생한 줄눈은 온도가 하강함에 따라 폭이 증가하였고 온도가 상승함에 따라 폭이 감소하였으나 균열이 발생하지 않은 줄눈은 이와는 반대의 경향을 나타내었다. 이는 콘크리트의 열팽창에 의한 영향으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 신진교수 연구비로 수행되었습니다. 본 연구에 필요한 장비와 인력을 지원해 준 (주)대우건설에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Jin-Hoon Jeong (2003). Characterization of Slab Behavior and Related Material Properties Due to Temperature and Moisture Effects. Ph.D.Dissertation, Texas A&M University.
2. Park. D.G (2002). Implementation of I-Button and Behavior of Early-Age Crack of Concrete Pavement", M.S. Thesis, Hanyang University at Ansan.
3. Suh, Y.C (1991) "Early-Age Behavior of CRC Pavement and Calibration of the Failure Prediction Model in CRCP-7" Ph.D Dissertation, University of Texas at Austin.