

줄눈콘크리트 포장의 줄눈 거동 측정

Field Measurements of Joint Movements at JPCP

윤 경 구* 김 동 호** 홍 창 우*** 이 주 형***
Yun, Kyong-Ku Kim, Dong-Ho Hong, Chang-Woo Lee, Joo-Hyung

Abstract

In this research, the early-age movements of joint at JPCP(Jointed Plain Concrete Pavement) were measured by field tests. The field tests were carried out for 5 days just after concrete placement, for 1 day after 52 and 72 days on Chung-Ang Expressway construction site in Dan-yang on the 28th and 29th of May 2001. The joint movements were measured by demec gauge and clip gauge.

The results of regression analysis for the data measured during early 5 days showed that the joints of No.4, No.5, No.6, No.10, No.13, and No.15 could be considered as a moving joint. From data analysis on July 20, the joints of No.2, No.9, and No.10 showed the significant correlations from the minus value of coefficient of regression. As a result of regression data on August 8, joint movements occurred at all joints. Joint freezing and closure could be judged from the regression analysis using joint opening and total temperature measured at field tests.

키워드: 줄눈거동, 줄눈잠김, 디멕게이지, 크립게이지

Keywords : Joint movements, Joint closure, Demec gauge, Clip gauge

1. 서론

줄눈콘크리트 포장에서 온도나 습도에 의한 슬래브의 수축과 팽창으로 구속응력이 발생하여 슬래브 내에 횡방향 이나 종방향등의 불규칙한 균열이 발생하게 되는데, 이는 포장체의 구조적 기능저하의 원인이 된다. 이를 방지하기 위해 수축줄눈, 팽창줄눈 및 시공줄눈을 인위적으로 발생시켜 이에 대한 영향을 완화하고자 하는 것이다.

줄눈거동은 포설 후 초기거동과 경화가 어느 정도 진전된 후의 거동에서 차이를 보이며, 시공줄눈과 수축줄눈에서도 차이를 보인다. 같은 수축줄눈이라 하더라도 그 내부의 균열의 정도와 균열 깊

이에 따라서 상이하게 나타나고 있다. 수축줄눈은 그 변위가 거의 발생하지 않는 줄눈 즉, 줄눈잠김현상(joint closure)이 발생하는 곳이 있는가 하면, 시공줄눈의 변위와 일치하게 발생하는 경우도 있다. 또한, 주행선과 추월선의 다웰바 매립수의 차이가 있으므로, 이로 인한 영향도 줄눈부 거동에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이러한 줄눈부에서 콘크리트 포설 후 초기 및 경화 후 거동을 측정하여 시공줄눈과 수축줄눈의 변위를 파악하고, 줄눈잠김현상이 발생하는 줄눈과 발생하지 않는 줄눈의 변위를 비교 고찰하고자 하였다.

본 연구의 줄눈부 거동측정은 2001년 5월 28일 중앙고속도로 제11공구에서 콘크리트 포설 후 수행하였다. 줄눈부 거동을 측정하기 위해 크립게이지(Clip gauge)와 디멕게이지(Demec gauge)를 사용하여 온도변화에 따라 측정시간을 새벽, 정오, 밤으로 나누어 일정 간격으로 측정하였다.

* 강원대학교 토목공학과 조교수, 공학박사
** 강원대학교 토목공학과 박사후료
*** 강원대학교 토목공학과 박사후과정, 공학박사

2. 줄눈부 게이지설치 및 측정방법

2.1 개요

줄눈 콘크리트포장에서 콘크리트 포설 후 건조 수축, 온도 및 습도의 변화로 인하여 발생하는 횡방향 균열이나 종방향 균열은 줄눈을 시공함으로써 인위적으로 방지한다. 줄눈거동은 슬래브 내부의 유도균열 정도와 다웰바의 구속 정도에 따라 그 변위가 달라질 것으로 판단되며, 온도와 습도에 영향을 받을 것으로 사료된다. 또한 경화가 끝난 후 변위는 초기의 거동과 상이하게 다르다.

본 연구에서는 크립게이지(PI-2-50) 및 디멕게이지를 이용하여 줄눈부 줄눈틈 거동을 시공줄눈과 수축줄눈 및 주행선과 추월선으로 나누어 파악하고자 설치하였다.

2.2 크립게이지(Clip gauge)

크립게이지는 포설 후 줄눈커팅(saw cutting)에 의한 게이지의 손상을 방지하기 위해 줄눈커팅 작업이 완료된 후 설치하였다. 타이닝에 의해 요철이 생긴 슬래브의 표면을 연마기등을 이용하여 평탄작업을 하였으며, 그림 2의 (2)와 같은 거치대 부착이 용이하도록 슬래브 표면의 불순물을 제거하고 거치대를 슬래브 표면에 에폭시를 이용하여 부착하였다. 이때 거치대가 게이지 유격 내에 있도록 주의하여 설치하였다. 게이지 부착 전 선행테스트를 실시하여 게이지의 상태를 점검하고, 에폭시가 충분히 경화되면 게이지를 거치대에 연결하여 설치한 후 초기 데이터를 측정하였다.

크립게이지의 위치는 시공줄눈에 주행선과 추월선 1개소, 수축줄눈에는 주행선과 추월선에 2개소의 줄눈을 선택하여 그림 1과 같이 줄눈 1개소의 양단에 각 2개씩으로 총 6개를 설치하였다. 크립게이지의 측정은 콘크리트 포설 직후 초기 거동을 측정하기 위하여 포설 후 5일간 정기적으로 측정하였다. 측정 시간은 슬래브의 거동이 온도의 영향을 가장 많이 받는 것으로 판단되어 온도변화가 가장 큰 새벽, 정오, 밤 시간대를 정하여 측정하였다.

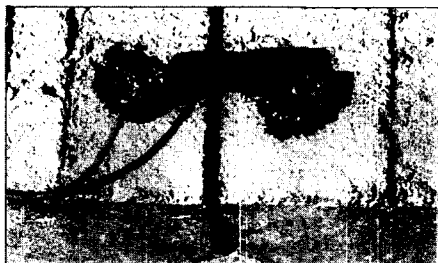


그림 1. Clip gage 설치 (PI-2-50)

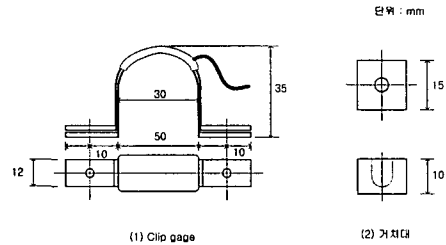


그림 2. 게이지 단면도

2.3 디멕게이지(Demec gauge)

경화전 콘크리트인 경우 포설 직후 줄눈부에 기준봉을 이용하여 지주(stud)의 위치를 정하고, 줄눈부에 그림 3의 (1)인 지주를 사용하여 슬래브 표면에 수직으로 삽입한다. 이때 줄눈커팅 장비에 의한 지주의 손상을 방지하기 위해 주변 슬래브 표면보다 약간 아래에 위치하도록 오목하게 설치했다. 지주가 삽입되면 디멕게이지의 측정범위에 지주가 위치하도록 다시 기준봉으로 위치를 수정하고, 시공불량이 있을 수 있으므로 슬래브가 어느 정도 경화되면 시공된 지주 주위에 에폭시를 이용하여 고정시켰다. 이러한 설치가 끝나면 초기 데이터를 측정하여 기록하였다.

경화후 콘크리트인 경우에는 포설 직후 줄눈부에 기준봉을 이용하여 지주의 위치를 정하고, 줄눈커팅이 이루어지면 지주의 부착이 용이하도록 슬래브 표면의 불순물을 제거하였다. 슬래브 표면의 요철을 연마기로 어느 정도 평탄하게 하고, 그림 3의 (2)인 지주를 사용하여 슬래브의 표면에 에폭시로 고정시켰다. 이때 디멕게이지의 측정범위에 지주가 위치하도록 다시 기준봉으로 위치를 수정하였으며, 지주가 설치되면 초기 데이터를 측정하였다.

지주는 그림 4~5와 같이 주행선과 추월선의 가장자리에 2개씩, 수축줄눈 주행선과 추월선에 9개의 각기 다른 줄눈부에 각 1개씩 총 22개를 설치하였다. 측정은 슬래브와 디멕게이지를 수평으로 하여 정지한 상태로 측정했다. 측정하는 사람에 따라 오차가 발생할 수 있으므로 동일한 사람이 계속적으로 측정하였다.

디멕게이지의 측정은 시공줄눈과 수축줄눈에서 포설 후 20시간 경과 후 5일간(5월28일), 54일 경과 후(7월20일), 73일 경과 후(8월8일) 3회에 걸쳐 측정하였으며, 측정시간대는 온도의 변화가 많은 새벽, 정오, 밤으로 하여 일정한 시간대를 정하여 측정하였다.

줄눈콘크리트 포장의 줄눈 거동 측정

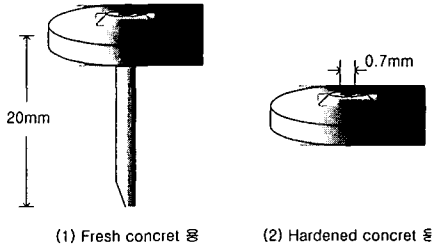


그림 3. 지주(stud) 형상

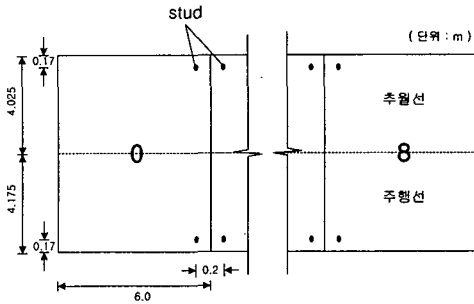


그림 4. 수축줄눈부 지주의 설치위치

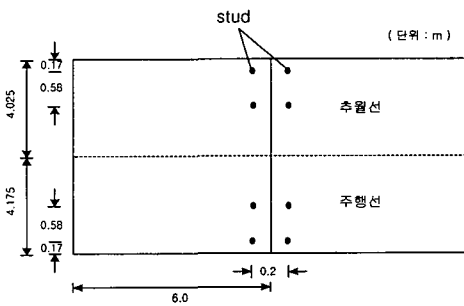


그림 5. 시공줄눈부 지주의 설치위치

3. 측정결과 및 고찰

3.1 크립계이지 측정결과

그림 6~9는 크립계이지를 이용해 얻어진 결과이다. 콘크리트의 양생과정에서 건조수축이나 온도의 변화로 인하여 변위가 일정주기로 팽창, 수축이 반복되는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향은 시공줄눈과 수축줄눈 모두 유사하게 나타났다. 포설 직후 초기 거동은 적으나 포설 후 약 45시간 경과부터 줄눈부 변위가 점차적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 45시간 이후 줄눈거동이 증가하는 것으로 보

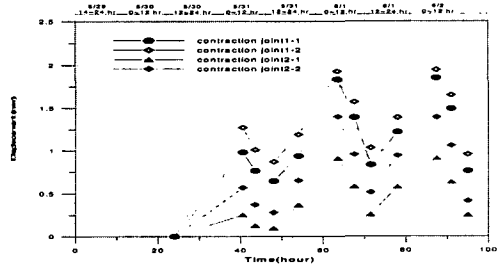


그림 6. 수축줄눈 측정결과(2001/5/28)

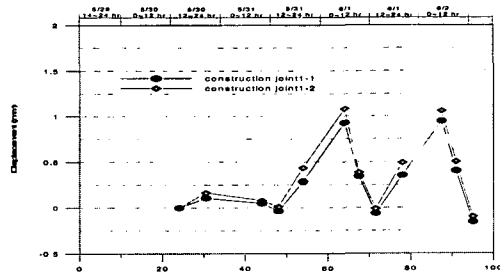


그림 7. 시공줄눈 측정결과(2001/5/28)

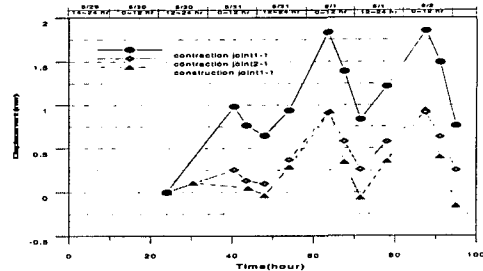


그림 8. 주행선 시공줄눈과 수축줄눈 비교 (2001/5/28)

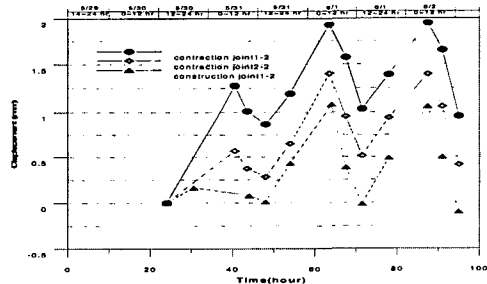


그림 9. 추월선 시공줄눈과 수축줄눈 비교

아 유도균열의 진전과 건조수축에 대한 영향이 어느 정도 감소한 것으로 판단되어 진다. 45시간 이후의 변위는 대기의 온도에 의한 컬링(curing)이나 와핑(warping) 또는 수축과 팽창에 기인한 것으로 판단되어 진다.

그림 8~9는 시공줄눈과 수축줄눈을 비교한 것으로 경향은 유사하나 시공줄눈이 수축줄눈에 비하여 변위가 작게 나타났다.

3.2 디랙게이지 측정결과

그림 10~14는 포설 후 초기거동을 측정된 것으로, 시공줄눈과 수축줄눈의 변위 양상이 유사하게 나타났다. 또한 시공줄눈과 수축줄눈의 주행선과 추월선을 비교해 보면 큰 차이는 없는 것으로 보여진다. 그림 10의 온도는 줄눈거동과 반비례적 관계에 있으며, 온도의 변화 폭과 줄눈거동이 일치하는 것으로 보아 슬래브의 수축과 팽창은 온도에 지배적인 영향을 받는 것으로 판단된다. 시공줄눈의 최대 변위는 약 1.75mm로 측정되었으며, 이 거동은 크립게이지에서 측정된 것과 같이 포설 후 약 45시간 경과 후 발생하였다. 기 언급한 양생으로 인한 영향의 감소라 할 수 있다. 거동 폭이 큰 것으로 보아 시공줄눈이 여러 슬래브의 변위를 수용하고 있다는 것을 알 수 있다. 수축줄눈에서는 시공줄눈의 약 1/10정도로 그 폭이 매우 작으며, 시공줄눈에서와 같이 45시간 경과 후 거동이 증가하는 것으로 나타났다.

그림 15~19는 포설 후 73일 경과한 후 측정된 것으로 초기 온도변화에 의한 거동과 같은 경향을 보이고 있으며, 그림 15의 온도와 반비례적 일치를 보인다. 초기 거동과는 달리 수축줄눈에서 불특정 줄눈부에 다른 줄눈보다 그 변위가 크게 측정되는 곳이 있으며, 이 변위는 그림 18~19에서 시공줄눈과 수축줄눈이 같은 수치를 보이고 있는데, 초기에 수축줄눈은 하나의 슬래브 변위만을 수용하며, 시공줄눈은 시공줄눈과 시공줄눈 사이의 변위를 수용하고 있다. 반면에 어느 정도의 시간이 경과하면 수축줄눈은 불규칙한 줄눈부 내부의 균열로 인하여 시공줄눈이 가지는 기능과 같이 여러개의 슬래브의 변위를 수용하게 되어 줄눈부 거동이 일어나지 않는 줄눈잠김현상(joint closure)이 나타나는 것으로 추정된다.

그림 20~24는 지금까지 디랙게이지로 측정된 데이터 중 신뢰성이 있다고 판단되는 포설 후 초기 변위측정과 3차 측정(8월8일)을 이용하여 온도와 변위의 관계를 회귀분석한 것이다. 그림 20~21은 온도의 변화는 많으나 양생시 건조수축과 수화열등으로 인하여 온도변위에 상응하는 작용이 발생하여 변위의 폭이 작게 일어나는 것으로 판단된다.

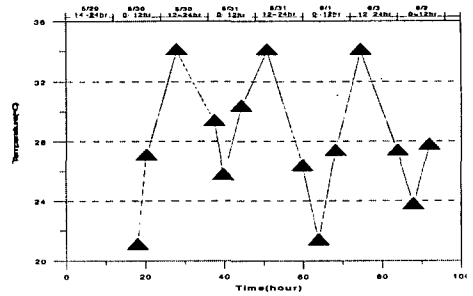


그림 10. 측정 시간대별 온도변화 (2001/5/28)

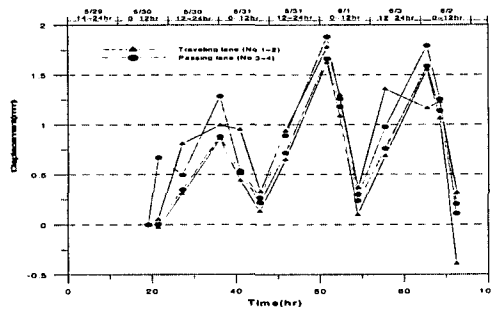


그림 11. 시공줄눈의 변위(2001/5/28)

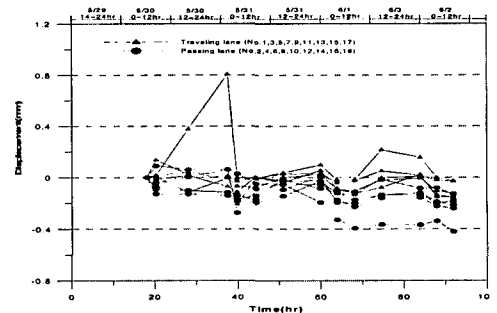


그림 12. 수축줄눈의 변위(2001/5/28)

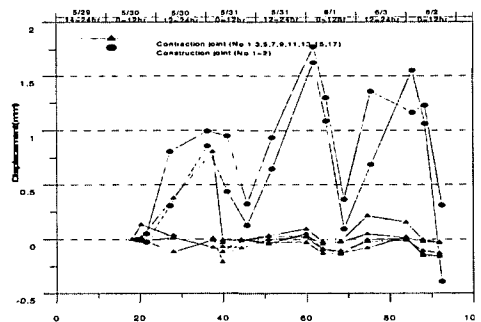


그림 13. 주행선 시공줄눈과 수축줄눈의 비교(2001/5/28)

졸논콘크리트 포장의 졸논 거동 측정

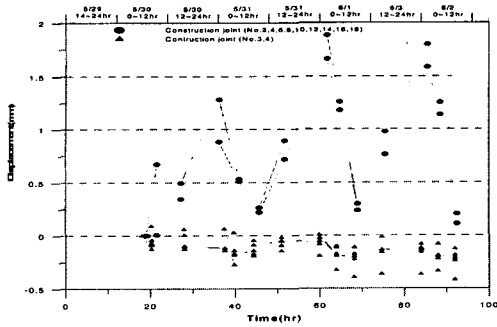


그림 14. 추월선 시공졸논과 수축졸논 비교(2001/5/28)

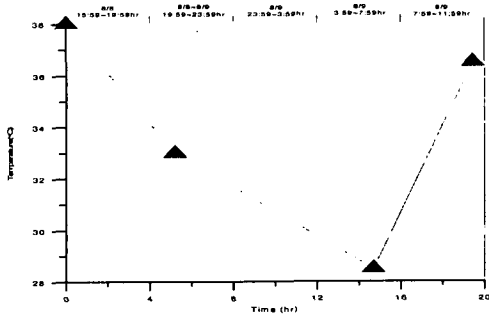


그림 15. 측정 시간대별 온도변화 (2001/8/8)

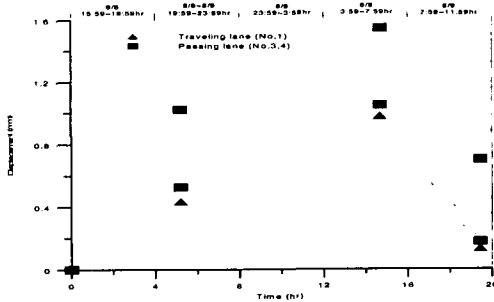


그림 16. 시공졸논의 변위(2001/8/8)

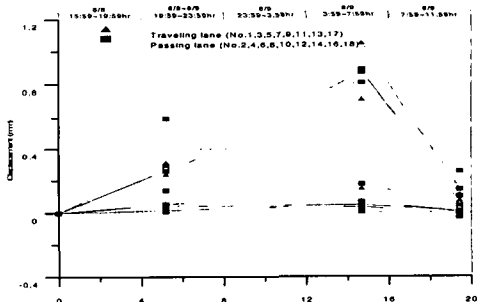


그림 17. 수축졸논의 변위(2001/8/8)

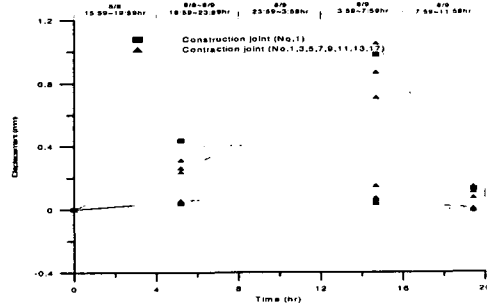


그림 18. 주행선 시공졸논과 수축졸논의 비교 (2001/8/8)

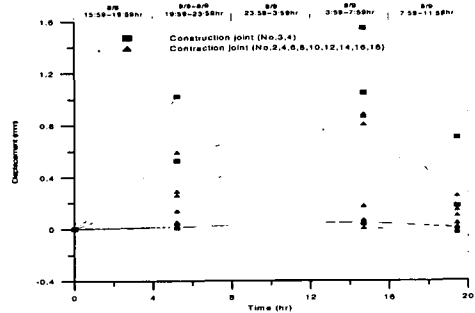


그림 19. 추월선 시공졸논과 수축졸논의 비교 (2001/8/8)

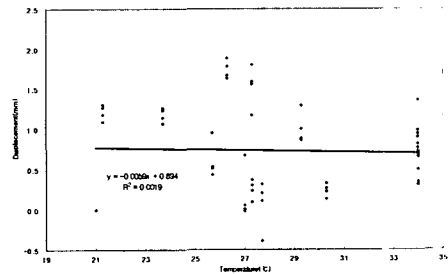


그림 20. 시공졸논의 온도에 따른 변위 (2001/5/28)

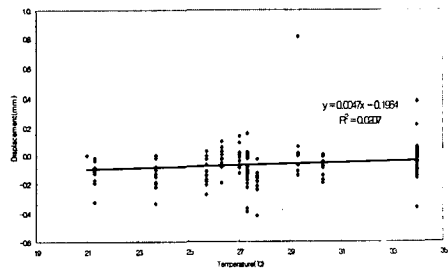


그림 21. 수축졸논의 온도에 따른 변위 (2001/5/28)

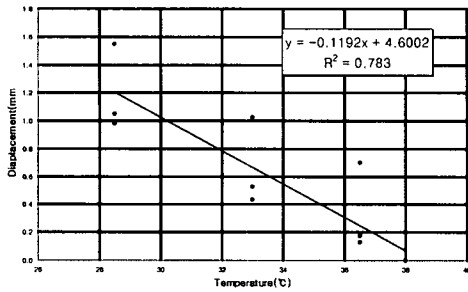


그림 22. 시공줄눈의 온도에 따른 변위 (2001/8/8)

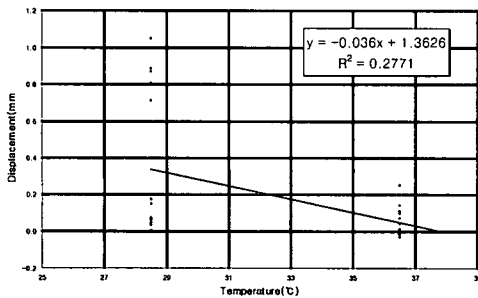


그림 23. 수축줄눈의 온도에 따른 변위 (2001/8/8)

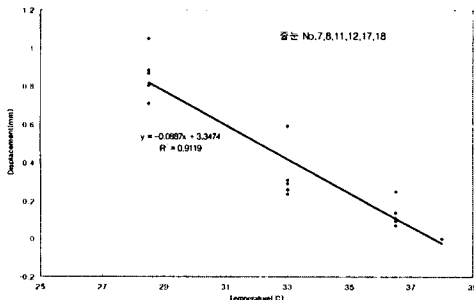


그림 24. 수축줄눈에서 줄눈잠김현상이 발생하지 않은 줄눈의 온도에 따른 변위(2001/8/8)

그림 22~24는 포설 후 약 73일 경과한 후에 측정된 것으로 수화작용이 완료된 상태이다. 그림에서 보는 바와 같이 시공줄눈과 수축줄눈에서 온도에 대한 줄눈부의 변위가 모두 선형적 관계를 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 24는 줄눈잠김현상(joint closure)이 발생하지 않은 줄눈(No. 7, 8, 11, 12, 17, 18)의 온도-변위 관계를 나타내며, 그림 22에서 시공줄눈과 다소 차이는 있으나 그 변위가 다른 수축줄눈 보다 시공줄눈에 가깝다. 이

는 시공줄눈과 같은 변위를 이 불특정 수축줄눈이 수용하고 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서 줄눈콘크리트의 초기 및 장기거동을 측정된 결과, 시공줄눈과 수축줄눈의 포설 후 초기거동은 양생에서 발생하는 건조수축이나 수화열의 영향은 있으나, 그 정도가 매우 작으며, 약 48시간 경과 후에는 거의 영향을 받지 않는 것으로 판단되어진다.

또한, 줄눈거동의 가장 지배적 영향을 주는 요인은 슬래브내의 온도 변화라 할 수 있다. 시공줄눈과 수축줄눈에서 초기 거동은 같으나, 어느 정도 경화가 완료된 상태에서 수축줄눈에서의 변위는 크게 발생하는 곳과 그렇지 않은 곳으로 구분된다. 이것은 줄눈내부의 균열정도의 차이로 내부의 균열이 진행되지 않은 줄눈에서는 변위가 일어나지 않으며, 깊은 곳까지 균열이 발생한 줄눈에서는 균열이 발생하지 않은 줄눈의 변위까지 수용하여 시공줄눈과 유사한 변위가 발생한 것으로 판단된다.

따라서, 향후 연구에서는 줄눈잠김현상(joint closure)이 발생하지 않는 줄눈의 경향을 파악하고, 이러한 포장체의 불연속성이 줄눈재의 손상에 미치는 영향과 줄눈 손상으로 인한 줄눈부의 파괴와 구조적 기능저하의 상관성을 밝혀야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강원대학교 부설 "석계복합신소재제품연구센터"의 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 이승우,(2001) "콘크리트포자의 줄눈의 잠김에 대한 연구". 한국도로 포장공학회지, 제3권, pp. 165~176
- [2] 한국도로공사(1998), 줄눈콘크리트포장의 줄눈 손상 해석 및 대책연구, 도로연 98-67-28
- [3] Seung-Woo Lee(2000), Horizontal Joint Movements in Rigid Pavements, Ph.D. Theses, Pennsylvania State University.
- [4] Bodocsi, A., Minkarah, I. and Rajagopal, S. A.(1993.), "Analysis of Horizontal Movements of Joint and cracks in Portland Cement Concrete Pavement," Transportation Research Record 1392, Transportation Research Board, pp. 43-52.