

콘크리트포장의 줄눈깊이 및 절단시기에 관한 유도균열 거동특성 연구

Field Test and Analysis of Joint Depths and Timing Contraction Joint Sawing for Concrete Pavement

홍 승 호* 양 성 철** 엄 주 용***
Hong, Seoung Ho, Yang, Sung Chul, Eum, Joo Young

ABSTRACT

The object of study is analysis to joint crack behavior of cracked joint concrete pavement. In the new constructing concrete pavement, joint crack behavior was compared general joint depth D/4 with joint depth D/3 and D/5 that it's environmental effects changed temperature and humidity. After joint saw cutting, joint section was predicted crack at joint depth D/5 test section from the result for monitoring development of crack. In the setting of data logger system of joint section, it's data compared see with the naked eye. In the research, development of crack at the joint section should effect to joint saw timing latter than joint depth. This performance could be the minimum of deterioration to the early curing. In this research, At new constructing of joint concrete pavement of highway, the monitoring system be setting after finished paving and joint sawing. This system and see with the naked eye could be analysis to pavement behaviors from collecting data at the test section. This system could be monitoring shot term and long term. In this report, joint section of crack behavior analysis used to collected data during a month after paving and joint sawing.

1. 서론

콘크리트포장의 신설구간에서 현행의 줄눈 깊이 D/4와 줄눈 깊이를 D/3와 D/5로 시공한 직후 설치된 계측 시스템과 육안관측으로 온·습도 등 환경적인 요인에 의해 줄눈 깊이에 따라 변화되는 균열 거동을 관측하였다. 줄눈을 절단한 후 줄눈부에서 균열의 진전을 관측한 결과 줄눈 절단 깊이 D/5 시공 구간에서도 예측된 균열이 유도되었다. 콘크리트구조물에서 적절한 줄눈 깊이와 적기에 줄눈을 시공하는 것은 양생 초기에 발생될 수 있는 파손을 최소화 할 수 있으며, 본 연구에서는 줄눈콘크리트포장으로 시공되고 있는 신설고속도로의 한 구간을 선정하여 포설 완료 후 줄눈을 시공한 직후에 포장체에 설치한 계측시스템과 육안 관측을 통하여 수집된 자료를 바탕으로 포장체의 거동특성을 분석하였으며, 이 구간에 설치된 계측장치는 단기와 장기에 걸쳐서 계측이 가능하며, 본 논문에서는 시공후 1개월 동안에 이루어진 관측을 통하여 수집된 자료를 이용하여 줄눈부의 균열 거동을 분석하였다.

*정회원, 한국도로공사 도로연구소 연구원

**정회원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

***정회원, 한국도로공사 도로연구소 책임연구원

2. 실험개요

2.1 현장배합 및 강도특성

본 연구는 JCP로 시공되고 있는 신설 고속도로의 한 구간을 선정하여 줄눈 깊이를 D/3, D/4 그리고 D/5로 시공된 시험구간의 줄눈부에서의 온도 변화에 따라 포장체의 응력 변화로 인한 줄눈 균열의 거동특성과 줄눈 깊이에 따른 줄눈부에서의 균열 유도사향을 관측한 결과이다. 본 시험시공 구간에 사용된 콘크리트 배합 및 하중전달 장치인 다웰바와 타이바의 규격은 일반적으로 JCP에 적용되고 있는 고속도로시방서의 기준과 동일하며, 포장에 사용된 콘크리트의 품질은 표1과 같다. 그림 1, 2에서 보는 바와 같이 재령에 따른 압축강도는 재령 28일에 230kg/cm²에 도달되었고, 재령에 따른 휨강도 실험에서 재령 4일에 50kg/cm²을 나타내고 있다.

표 1 배합설계

실제 기준 강도	굵은골재 최대치수 (mm)	슬랩폭 (CM)	공기량 (%)	단위수량 (Kg)	단위 시멘트량 (Kg)	W/C (%)	S/A (%)	단위 산골재량 (Kg)	단위굵은골재		A.E 감수세 (Kg)
									32mm	19mm	
45	32	4.0	4.5	147	342	43	38	688	635	518	0.684

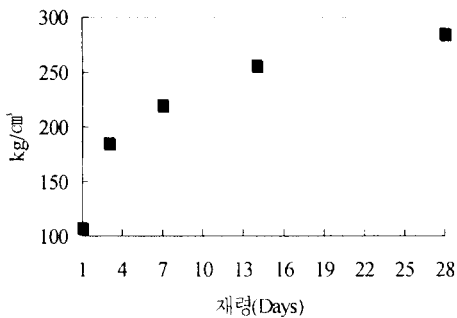


그림 1 재령에 따른 압축강도

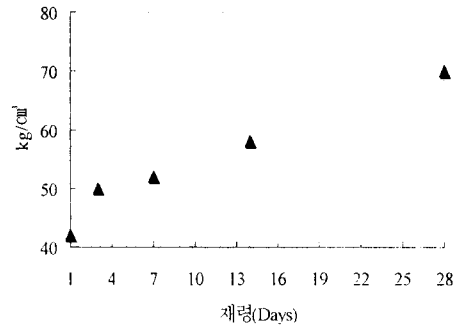


그림 2 재령에 따른 휨강도

2.2 계측 시스템

콘크리트포장의 포설을 완료하고, 줄눈 시공을 한 직후에 줄눈부에 균열 게이지(Displacement Transducer : PI-2-50)를 장착하고, 데이터로거를 이용하여 줄눈부 변위를 측정하였다. 줄눈부 변위는 24시간 계측을 기준으로 실시하였고, 현장의 대기온도 및 주·야간의 일교차에 의해 발생하는 유도균열의 진전은 육안으로 관측하여 계측기에 의해 측정된 자료와 비교 분석하였다. 또한, 콘크리트포장체의 온·습도 등에 의한 영향을 분석하기 위하여 슬래브 코너와 중앙의 상·하 위치에 현수선식게이지(RocTest사의 EM-5 Gager)를 설치하여 일정한 주기별로 변형률 및 온도를 측정하였다.

2.3 시공 단면 및 게이지 설치

시험구간은 3구간으로 구분되며 총 연장이 360m이고, 노폭이 3.6m인 무근콘크리트포장으로 시공되었다. 줄눈부 균열의 거동을 측정하기 위하여 그림 3(a)와 같이 균열게이지를 바깥 차선부에

설치하였으며, 직사광선 및 외부 영향을 줄이기 위한 보호 장치를 설치하였다. 그림 3(b)는 줄눈부에 설치된 균열게이지의 상태를 보여주고 있으며, 줄눈부 거동을 분석하기 위해서 줄눈 깊이 D/4 구간은 2곳의 줄눈부에 균열게이지를 설치하였고, 줄눈 깊이 D/3 구간에는 3곳의 줄눈부에 균열게이지를 설치하였다. 린콘크리트·슬래브의 수직 거동을 분석하기 위하여 그림 3(c)와 같이 포장체 내부에 계측기를 설치하였다. 린콘크리트·슬래브 변위 측정기는 본 시험시공에 적용하기 위하여 고안된 계측구조로서 기존의 포장 위치별 변위를 측정하기 위한 장비인 MDD는 고가이면서, 설치 및 계측에 복잡한 과정을 거쳐야 하는 반면, 본 계측기는 간단하게 설치되고, 데이터를 쉽게 획득할 수 있는 이점이 있다. 본 계측기는 포설 시작전에 측정하고자 하는 위치에서 린콘크리트면을 10cm 깊이로 절단하고 면처리를 한 후 외부 캡을 고정시킨후 포설 진행후에 상부 덮개 부분을 열고, 포설면이 경화된 후 린콘크리트·슬래브 경계부에 게이지를 설치하여 측정하는 구조로 되어있다.

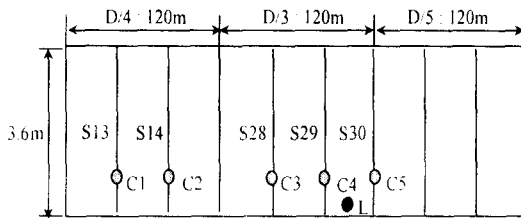


그림 3(a) 시험시공 단면도

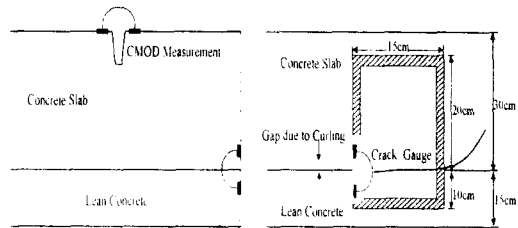


그림 3(b) 균열 게이지, 3(c) 캡 측정 게이지

또한, 콘크리트포장체내에 설치된 현수선식 게이지는 시험구간의 한 슬래브를 선택하여 중앙부와 코너부에 설치하여 각 위치별 변형을 및 온도를 계측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 줄눈 절단

콘크리트포장은 여러 요인에 의해 포장체에서 발생하는 응력에 기인한 균열을 방지하기 위하여 줄눈을 시공하고 있다. 줄눈 시공시 절단시기는 발생한 응력의 적절한 분산과 초기 줄눈부 파손을 방지하기 위하여 정량적인 방법을 통하여 이루어져야 하지만, 현재 우리나라에서 줄눈 절단시기를 결정하는 것은 줄눈 깊이별로 설정된 구간의 포설 종료 시간부터 양생 상태의 관측을 통한 현장 실무자의 경험에 의하여 실시되고 있다. 외국의 경우 정량적 방법인 성숙도 개념을 적용하여 포설완료후 포장체에 설치된 thermocouple로부터의 누적온도를 측정함으로써 줄눈 절단시기를 결정하기도 한다. 본 연구에서는 현장 실무자들의 경험에 의한 방법을 적용하여 실시하였으며, 포설부터 줄눈 절단 시간까지는 D/3 구간은 9시간, D/4구간은 6시간 그리고 D/5구간은 8시간 후에 줄눈을 시공하였다.

3.2 줄눈부 거동

계측장치에 의한 줄눈의 변위량을 시간 경과에 따라 측정한 결과는 그림 4, 5와 같다. 줄눈을 시공한 후 줄눈부에서 유도 균열이 발생하는 것은 지속적인 육안관측을 통하여 조사되었다. 콘크리트포장에서 줄눈 거동은 온·습도의 영향으로 인하여 주기적으로 변화한다. 그림 4는 D/3 구간의 '98. 8. 27 ~ 29일까지 3일 동안의 거동을 계측한 것으로 일교차에 의해 주기적으로 거동하는 것을 나타내고 있다. 계측 결과 슬래브 28의 줄눈부에서 변위차 0.4342mm가 발생되었고, 슬래브 29의 줄눈부에서 변위차 1.0498mm가 발생되었으며, 슬래브 30의 줄눈부 변위차는 1.2517mm가 발생되었다. 그림 5는 D/4구간의 줄눈 시공후 '98. 8. 27 ~ 28일까지 계측한 결과로 슬래브 13 줄눈

부가 슬래브 14보다 균열거동이 작게 발생하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 4, 5의 계측을 통하여 줄눈부의 거동은 줄눈 절단이후 초기 균열이 발생되면 급격히 변화하다가 일정한 상태를 유지함을 알 수 있으며, 줄눈부의 장기 계측을 통하여 줄눈 거동의 정형화된 패턴을 찾을 수 있을 것으로 사료된다.

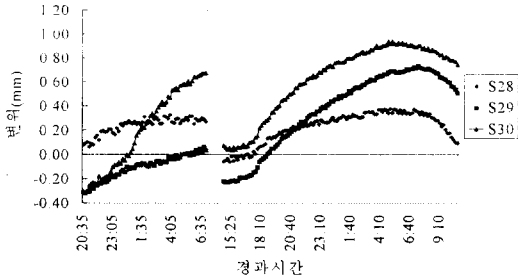


그림 4 D/3 줄눈 시간에 따른 변위

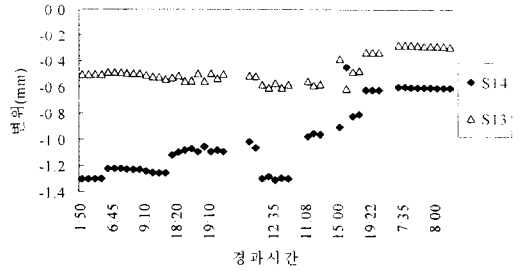


그림 5 D/4 줄눈 시간에 따른 변위

3.3 린콘크리트 · 슬래브 겹 거동

린콘크리트와 슬래브는 시공시기 및 물성의 차이로 인하여 다르게 거동한다고 예견되고 있어, 시험구간의 한 부분을 선택하여 계측기를 설치하여 온도 변화에 의한 변위를 측정하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 대기온도 변화에 따라 0.185mm ~ 0.297mm로 거동하여 변위차 0.112mm가 발생되어 두 단면의 경계부에서도 온도의 영향이 있음을 알 수 있었다. 본 자료는 단기간의 계측이며, 장기간의 관측을 통하여 린콘크리트 · 슬래브의 일정한 거동을 분석할 수 있을 것으로 사료된다.

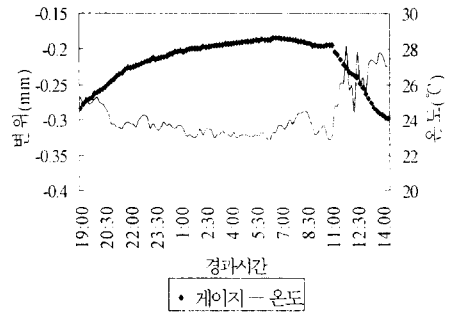


그림 6 린콘크리트와 슬래브의 변위

3.4 육안관측을 통한 줄눈부 유도균열

줄눈콘크리트포장에서 전구간에 걸쳐 줄눈부의 유도균열은 줄눈 간격과 줄눈 폭에 의하여 영향을 많이 받는다, 줄눈 깊이를 일정하게 시공하고 줄눈 간격을 넓게하면 유도균열 발생은 낮게 나타나지만, 줄눈폭이 크게 발생될 수 있으며, 반면 줄눈 간격을 좁게하면 유도균열의 발생은 높게 발생되고 줄눈폭은 작게 발생됨을 예견할 수 있다. 줄눈부 관측을 통하여 유도균열의 발생을 파악한 결과는 그림 7과 같으며, 줄눈 시공후 1일이 경과된 후 줄눈 깊이 D/3 구간은 유도균열이 전구간에 걸쳐 발생되었고, D/4구간은 63%, D/5구간은 72% 발생하였다. 약 4주 경과된 시점에는 전구간의 줄눈부에 유도균열이 발생되었다.

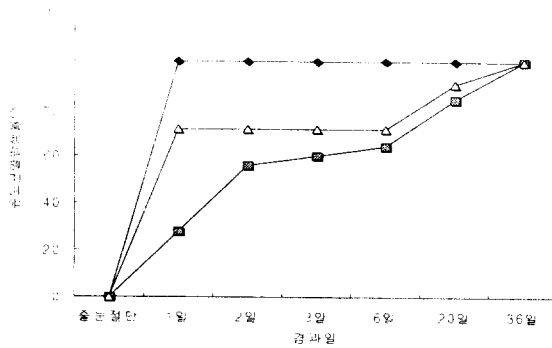


그림 7 출근 깊이별 유도균열 발생률

3.5 포장체 내부의 변형률

포장체 내부의 변형율을 측정하기 위해 현수선식게이지를 설치하였으며, 계측은 포설 완료후 기준 시간을 설정하여 시간의 경과에 따른 상대 변형률 및 온도를 측정하였다. 그림 8(a)에서 슬래브 코너 상부 온도는 대기온도 변화와 유사한 경향을 보이고, 하부의 온도는 대기온도와 비교해서 주간에는 낮고, 반대로 야간에 높게 올라감을 알 수 있다. 그림 8(b)는 슬래브 코너에서의 상·하부 변형률로서 외부 환경에 의하여 변형을 변화가 다르게 나타남을 알 수 있으며, 하부에서보다 상부의 변화 폭이 커서 외부의 환경 영향이 크게 작용됨을 알 수 있다. 그림 9(a)는 중앙 상·하부의 온도 변화로 코너에서와 동일한 변화양상을 보임을 알 수 있다. 그림 9(b)는 중앙 상·하부의 변형률 변화로 상부가 하부에서보다 변형률의 변화가 큼을 알 수 있다. 그림 8(b)와 그림 9(b)를 비교해 보면 상부는 코너부의 변형률 변화가 크고, 하부에서는 중앙이 코너보다 변형률이 크게 변화됨을 알 수 있다.

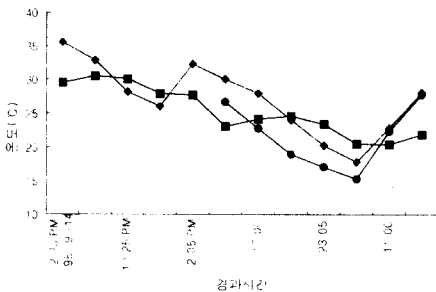


그림 8(a) 코너 상·하부 온도변화

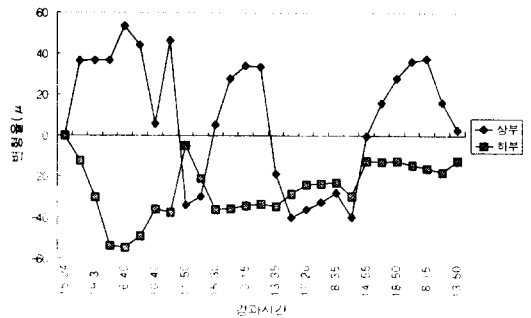


그림 8(b) 코너 상·하부 변형률

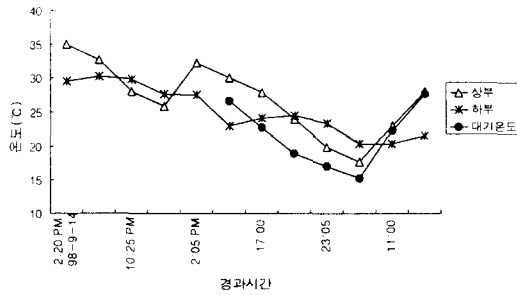


그림 9(a) 중앙 상·하부 온도변화

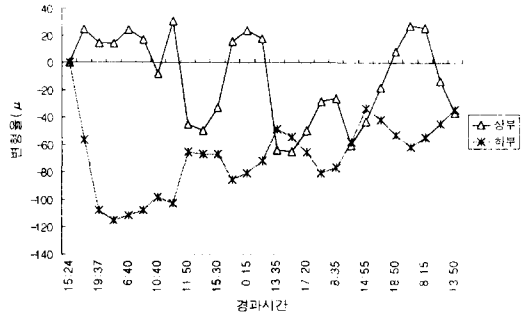


그림 9(b) 중앙 상·하부 변형률

4. 결론

줄눈 콘크리트포장의 줄눈 깊이에 따른 줄눈부에서의 거동 및 포장체 내부의 거동을 분석한 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 시험구간의 줄눈부 균열거동은 환경적인 영향에 의해 슬래브 28의 줄눈부에서는 변위차 0.4342mm, 슬래브 29에서 1.0498mm 그리고 슬래브 30에서 1.2517mm가 발생되어, 일교차에 의해 1mm이상의 균열이 발생됨을 알 수 있었다.
- (2) 린콘크리트와 슬래브의 접속면은 온도변화에 의해 0.185mm ~ 0.297mm가 거동하여 변위차 0.112mm가 발생되어 두 단면의 갭에서도 온도의 영향이 있음을 알 수 있었다.
- (3) 줄눈 깊이 D/3 구간은 줄눈 시공 후 1일경에 전 구간에 걸쳐서 유도균열이 발생되었고, D/4 구간은 1일 후 28%가 발생되었으며, D/5 구간은 71%가 발생되었다. 그러나, 줄눈 시공 후 4주일 정도가 지난 시점에는 시험시공 전 구간에 걸쳐 줄눈 깊이에 관계 없이 줄눈부에서 유도균열이 발생되었다.
- (4) 포장체의 상부에서는 코너부가 중앙부보다 변형율이 크게 발생되었고, 하부에서는 코너부보다 중앙부에서의 변형율이 크게 발생되어 위치별로 변형율이 다르게 나타남을 알 수 있었다.

본 연구와 같은 계측시스템에 의한 포장체의 거동 분석은 장기간의 관련 자료 수집 및 분석에 바탕을 두고 실시되어야 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다. 한국도로공사에서는 포장체의 계측을 통한 자료 축적 및 분석을 위한 포장장기공용성 평가 프로그램을 마련하고 있다.

참고문헌

1. 양성철, 홍승호, "과괴역학을 이용한 콘크리트포장체의 해석", 한국도로공사 연구보고서, 1998. 12
2. Y. S. Jenq, C. J. Liaw, and S. C. Kim, "Effect of Temperature on Crack Forming in Plain PCC Pavement at Early Age", T.R.B Paper No. 930670, Jan. 1993
3. J. K. Cable, D. Y. Lee, F. W. Klaiber, and J. R. Rohde, "Remote Pavement Performance Monitoring", T.R.R 1215, 1989