



무근 콘크리트포장 초기균열 거동 연구

Behaviors of Early-Age Cracks on the JCP

박 대 근* 서 영 찬** 안 성 순*** 김 형 배****
 Park, Dae-Geun Suh, Young-Chan Ann, Sung-Sun Kim, Hyung-Bae

Abstract

The temperature variation of concrete pavement at early-age significantly affects the initiation and propagation of its early-age cracks. This implies that the measurement and analysis of early age temperature trend are necessary to examine the causes of early age cracks in the concrete pavement. In this study, it is investigated how the early age temperature trend in concrete pavement affects the random crack initiation and behaviors of saw-cut joints using the actual construction site which is located at the KHC test road. During 72 hours after placing the concrete pavement, the ambient air temperature and temperatures at the top, middle, and bottom in concrete pavement were measured and the random crack initiation in concrete slabs and early age behaviors in the joints were surveyed.

The investigation results indicate that the first random crack was initiated at one of the slabs placed in the early morning which have higher temperature changes during early 72 hours.

The movement of slab was influenced by the early-age crack in the joint. It suggested that the different occurrence time of the cracks in the joint had an influence on the behavior of the cracks. Besides, the slab constructed in the morning had higher possibility of crack initiation than that in the afternoon. The rarely occurred cracks had bigger gap than other cracks.

Keywords : concrete pavement, early age, temperature variation

요 지

콘크리트포장에 초기균열을 일으키는 중요한 인자 중 하나는 콘크리트 내부의 초기온도이다. 따라서 콘크리트포장의 초기균열 발생원인을 연구하기 위해서는 초기온도를 계측하여 분석하는 일이 필요하다. 본 논문에서는 초기균열이 발생하는 슬래브 장소와 초기균열의 발생시간이 초기온도패턴에 어떤 영향을 받는지를 검증하였고 더불어, 줄눈부에서 발생하는 균열의 발생시점과 시공시간과의 관계도 알아보았다. 본 논문을 위해서 “중부내륙고속도로 여주-충주간 제 1공구 시험도로 건설공사구간 STATION 1+400~1+700” 지점에서 시험시공이 이루어졌으며, 시공 후 72시간 동안 i-Button(온도계측센서)을

* 정회원 · 한국도로교통협회 선임연구원
 ** 정회원 · 한양대학교 부교수
 *** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원장
 **** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

이용하여 온도계측을 시행하였으며, 초기균열의 거동은 Demec gauge를 사용하였으며, 초기균열 및 줄눈부 균열은 육안으로 확인하였다.

초기온도패턴과 초기균열의 분석 결과, 콘크리트의 초기온도패턴은 슬래브에 초기균열이 발생하는 위치와 시각에 영향을 주는 것으로 나타났다. 초기균열균열은 온도낙차폭이 가장 큰 슬래브에서 발생하였으며, 그 시각은 슬래브의 온도가 급강하하는 새벽이었다. 또한, 콘크리트 슬래브의 거동이 인근 줄눈부에 발생한 초기균열에 따라 영향을 받으며, 줄눈부에 발생한 균열의 발생시기가 서로 다를 경우에 균열의 거동이 달라질 수 있다는 가능성이 제시되었다. 그 외에도, 오전에 시공한 슬래브에서의 균열 발생률이 오후에 시공한 것보다 더 큰 것으로 나타났으며, 균열의 발생 간격이 큰 균열이 그렇지 않은 균열보다 더 큰 균열틈을 보였다.

핵심용어 : 콘크리트포장, 초기균열, 온도변화

1. 서론

국내의 고속도로는 88고속도로의 개통 이후부터 대부분 콘크리트포장으로 시공되어 왔으며, 앞으로 신설될 고속도로의 대부분도 콘크리트포장으로 시공될 예정이다. 이와같이 콘크리트포장이 지속적인 증가추세를 보임에 따라 설계, 시공 및 재료 등에 관한 연구는 활발히 수행되어 왔다. 그러나 콘크리트포장의 장기적인 공용성에 중요한 영향을 주는 초기균열에 관한 연구는 매우 빈약한 상태라고 할 수 있다.

온도는 콘크리트포장에서 초기에 균열을 발생시키는 주요한 인자 중 하나이다. 따라서 콘크리트포장의 초기균열에 관한 연구에서 가장 기본이 되는 요소는 초기온도패턴을 분석하는 것이라 할 수 있다.

본 논문의 목적은 초기균열이 어디에서 발생하고 어느 지점에서 발생하는지를 초기온도패턴과 연관하여 분석하고, 줄눈부에서 발생하는 균열이 시공시간과 어떤 관계가 있는지를 알아보는 것이다.

콘크리트 초기균열 및 줄눈부 균열을 관측하기 위해 “중부내륙고속도로 여주-충주간 제 1공구 시험도로 건설공사구간 STATION 1+400~1+700” 지점에서 시험시공이 이루어졌으며, 시공 후 72시간 동안의 온도계측은 i-Button이라는 디지털 온도센서가 사용되었다.

2. 시험시공의 위치 및 시기

본 논문에서의 시험시공은 한국도로공사의 “콘크리트 포장 초기거동에 영향을 주는 인자 및 도로 포장 공용성 모형선정에 관한 연구”의 일환으로 시행된 시험시공과 동일한 곳으로 중부 내륙고속도로의 시험도로구간인 여주에서 충주 방향으로 “STA.1+400~1+700”인 위치에서 시행되었다. 시공 시기는 2002년 7월 18일이었으며 시공당시의 날씨는 전형적인 여름날씨였다.

2.1 포장 구조

본 시험시공 구간은 전형적인 무근콘크리트포장(JCP)으로 시공되었으며, 포장 단면은 그림 1과 같다.

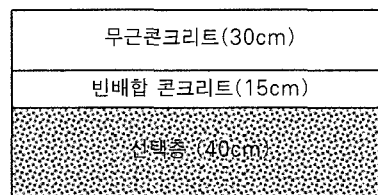


그림 1. 포장 단면

표 1. 시험시공 일정표

일 자	시 간	페이지위치	온 도 측 정 (i-Button)	슬래브거동측정 (Demec)	기 타	
2002년7월18일	8:00	시공시작		Demecilisks설치 (1~50번)		
	8:30	Z2(주)	i-Button설치(Z01)			
	9:00	Z10				
	10:30					양생재살포시작
	11:30	Z19	i-Button설치(Z13)			
	12:00					
	13:00					페이버멈춤 (22번슬래브)
	13:30					
	14:00	Z27			Demec측정(1~10번)	균열관찰시작
	14:30	Z30	i-Button설치(Z26)			
	16:00	Z43			Demec측정(1~35번)	
	17:00	Z48	i-Button설치(Z45)			
	18:00	시공종료			Demec측정(1~41번)	
	20:00				Demec측정(1~48번)	
21:30			Demec측정(전구간)			
2002년7월19일	0:00			"		
	2:00			"		
	6:00			"		
	8:00			"	줄눈절단	
	10:00			"		
	16:00			"		
	20:00			"		
2002년7월20일	2:00			"		
	6:00			"		
	10:00			"		
	14:00			"		
	18:00			"		
	22:00			"		
2002년7월21일	2:00			"		
	6:00			"		
	10:00			"		
	12:00			"		

(주) Z2는 두번째 슬래브를 말함.

2.2 시험시공일정

시험시공은 2002년 7월 18일 오전 8시에 2차로 동시 시공이 가능한 페이버 장비를 이용하여 시공이 시작되었고, 10시 30분부터 양생재 살포가 시작되었으며, 오후 6시에 300m(50개의 슬래브) 구간의 공사가 모두 끝났다. 특이사항으로는 시공 도중인 12시 20분부터 13시까지 22번째 슬래브에서 페이버 진행이 멈춘 정도이다.

그림 2는 시험시공의 현장 사진이며, 표 1은 시험시공의 일정을 보여주고 있다.

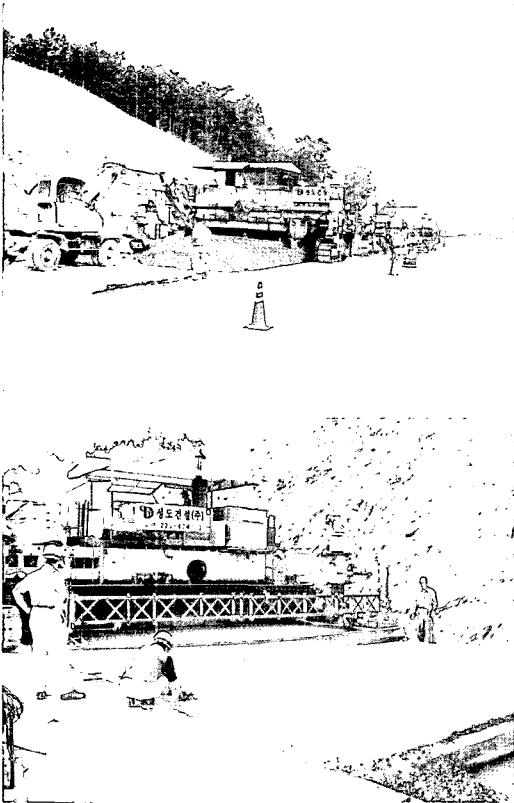


그림 2. 시험시공 현장

2.3 계측 및 조사

본 시험시공에서 본 논문의 목적과 관련된 계측항

표 2. 계측 항목

계측항목 구분	온도 (대기, 슬래브)	슬래브 거동	균열 관찰
계측 목적	<ul style="list-style-type: none"> 온도 패턴 분석 균열 원인 분석 온도에 따른 균열typ의 거동 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 균열의 발생에 따른 슬래브의 거동 분석 균열시기와 균열typ과의 관계 분석 균열간격과 균열typ과의 관계 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 균열 발생시기 발견 줄눈 절단 시기 결정 시공시기에 따른 균열률 분석
계측 방법	i-Button (자동계측)	Demec Gauge (수동계측)	육안
계측 간격	10분	2~4시간	1~2시간

목을 나열하면 표 2와 같다.

2.3.1 온도계측 (i-Button)

콘크리트 슬래브의 수직적 온도분포를 계측하기 위해 i-Button을 거치대에 거치하여 노면에서 약 70cm 떨어진 지점에 매립하였다. 이 거치대는 깊이에 따른 온도패턴을 알아보기 위한 것으로 슬래브 표면으로부터 3cm, 15cm, 27cm 깊이에 해당되는 곳의 온도를 계측할 수 있도록 고안되었다(그림 3).

또한, 시공시간에 따른 온도패턴의 변화를 알아보기 위하여 i-Button을 4곳(8시 30분, 12시 30분, 14시 40분, 17시 30분)으로 나누어 매립한 후 같은 시간에 온도측정을 할 수 있도록 하였다. 그림 4는 i-Button의 매설 위치와 시간을 보여주고 있다.

각각의 i-Button 거치대는 콘크리트 페이버가 지나간 직후에 매립되었으며 타이닝 작업 전에 매립을 마치도록 하였다.

2.3.2 Demec Gauge 계측

Demec gauge로 슬래브의 미세거동을 관찰하기 위해서는 먼저 demec disks를 굳지 않은 콘크리트 슬래브에 거치해야 한다. 본 시험시공에서는 나사못의 상단부분에 disks를 부착하여 슬래브에 설치하는

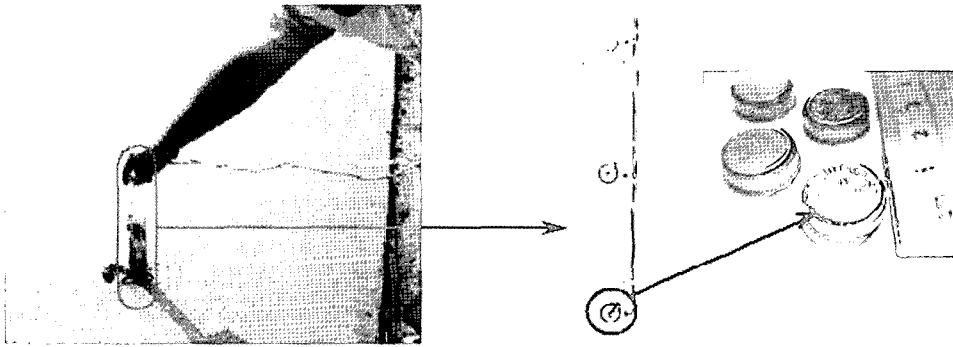


그림 3. i-Button의 매립

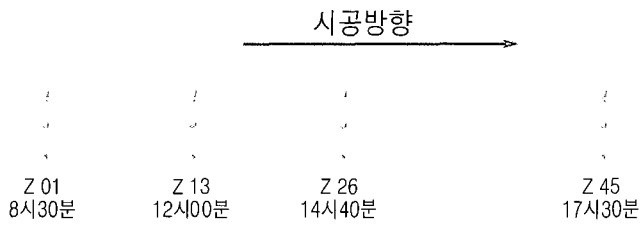


그림 4. i-Button의 매립 위치 및 시간

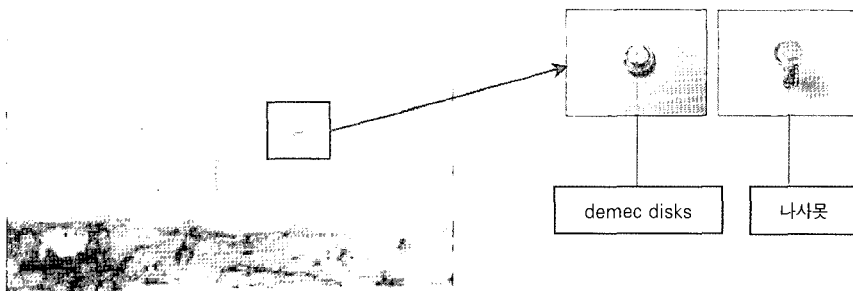


그림 5. Demec disks의 설치

방법을 이용하였다. 그림 5는 슬래브에 거치된 demec disks를 보여주는 사진이다.

그림 6은 슬래브 거동을 측정하는데 사용했던 demec gauge의 사진을 보여주는 것으로, 이 gauge는 1/100mm 단위까지 측정이 가능하다. 또한, 온도에 따른 계측오차를 줄이기 위해 standard bar로 온

도를 보정했다.

2.3.3 균열 조사

본 시험시공 구간에서는 첫 번째 무작위 균열 (random crack)이 발생하는 시기를 찾기 위하여 줄눈 절단 작업을 무작위 균열발생 직후에 하기로 하였

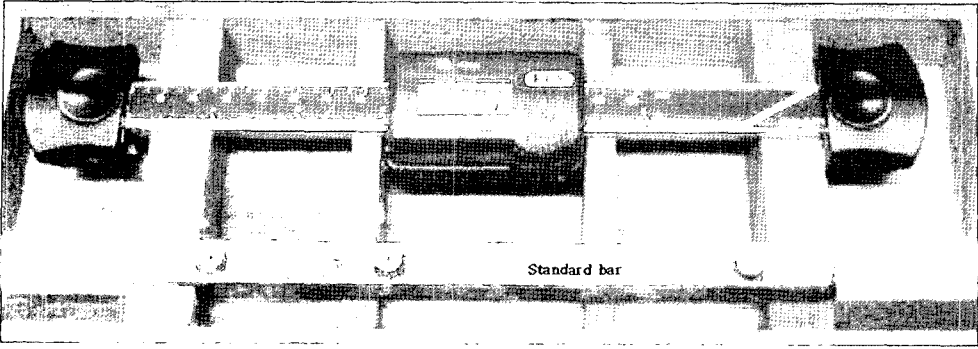


그림 6. Demec Gauge

다. 균열의 발생시기를 찾기 위한 균열조사는 야간이나 새벽에 집중적으로 이루어졌는데, 그 이유는 경험상으로 볼 때 여름철 콘크리트포장의 무작위 균열이 시공 다음 날 새벽에 대부분 발생하였기 때문이다. 첫 번째 무작위 균열을 발견한 시각은 적절한 준눈절단 시기를 결정하는 데도 영향을 줄 것이다.

3. 시험시공의 결과 및 분석

3.1 72시간 온도계측 결과

콘크리트의 온도측정을 위한 계측기(i-Button)는 시공시간에 따라 4곳(8시 30분, 12시, 14시 40분, 17시 30분)으로 나누어 매립되었고, 이들은 각각 3가지 깊이(Top, Middle, Bottom)로 나누어 계측되었다. 이렇게 하여 계측된 지점은 총 12곳이 된다. 그림 7은 시공시간에 따른 깊이별 온도의 패턴과 대기온도의 패턴을 보여주고 있다. 둘째 날의 낮 시간 동안에 온도가 올라가지 않은 이유는 새벽부터 밤까지 비가 왔기 때문이다.

시공시간에 따른 4가지 온도패턴 중에서 최고온도를 보이는 깊이는 모두 Middle 지점에서 관측되었다. 이것은 콘크리트의 중심부가 온도가 낮은 바깥이나 바닥과 가장 멀리 떨어져 있어서 수화열을 덜 빼

앗겼기 때문인 것으로 판단된다. 반면 최저온도는 모두 Top에서 관측되었다.

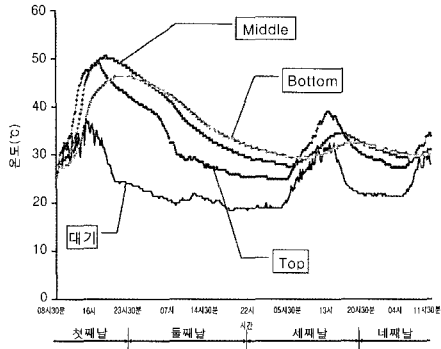
그림 7의 (c), (d) 그래프는 (a), (b)와는 다르게 Top 부분의 최고 수화열이 Middle과 Bottom보다 매우 낮았다. (c)와 (d)의 경우는 수화가 촉진되는 시간과 대기온도가 낮은 시간이 일치했고, 그 중에서도 Top 부분이 대기온도의 영향을 가장 많이 받는 위치이기 때문에 수화열이 크게 증가하지 않은 것으로 판단된다.

또한, 그림 8에서처럼, 콘크리트 온도가 시공 다음 날 7시까지는 시공시간에 따라 다른 패턴을 보이다가, 그 후부터는 거의 같은 패턴을 보였다.

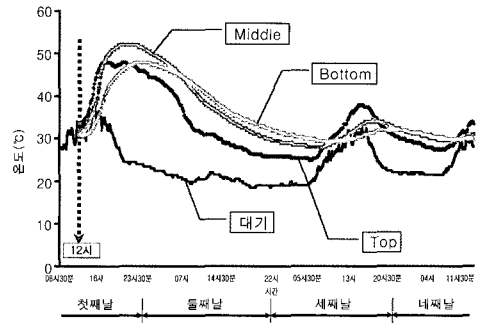
3.2 온도에 따른 초기 균열

3.2.1 온도패턴과 균열발생 위치

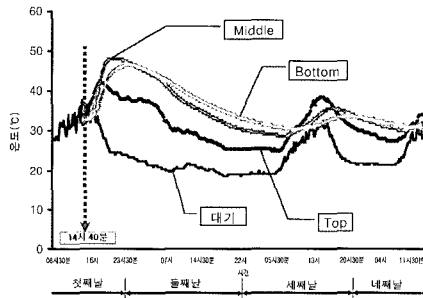
그림 9는 시공시간에 따른 깊이별 온도의 낙차폭을 나타내는 그래프이다. 여기서 말하는 온도 낙차폭이란 수화반응으로 인해 상승된 온도의 최고치에서 무작위 초기균열이 발생한 시점의 온도를 뺀 온도차를 말하는 것이다. 그림 9의 (가)를 보면, 8시 30분 시공구간에서의 온도 낙차폭(13.5℃)이 17시 30분 시공구간에서의 온도 낙차폭(3℃)보다 4배 이상이나 큰 것을 알 수 있다. Middle 부분과 Bottom 부분의 경우에도 이와 비슷한 결과를 보였으며, 이들에 대한



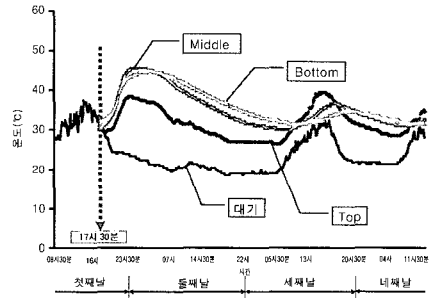
(a) 8시 30분 시공구간



(b) 12시 시공구간

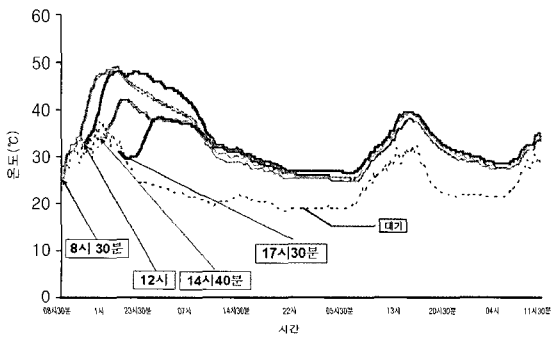


(c) 14시 40분 시공구간

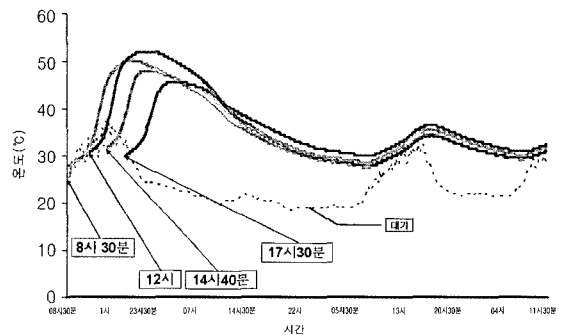


(d) 17시 30분 시공구간

그림 7. 각 시공구간의 깊이별 온도 그래프



(a) Top



(b) Middle

그림 8. 시공구간의 차이에 따른 온도 그래프

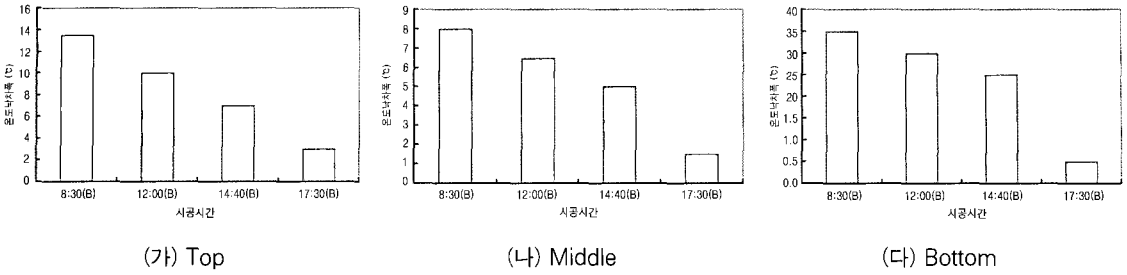


그림 9. 시공시간에 따른 온도 낙차폭

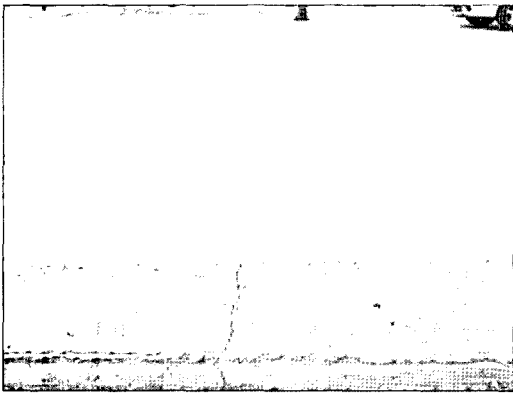


그림 10. 무작위 균열 발생사진(5번째 슬래브 중앙부)

그래프는 그림 9의 (나), (다)와 같다.

이와 같이, 오전에 시공된 슬래브의 온도 낙차폭이 오후에 시공된 슬래브의 온도 낙차폭보다 월등히 큰 이유는 오전에 시공된 슬래브의 수화반응이 시작되면서 콘크리트 내부의 온도가 상승하고 있는데 주변의 높은 대기온도가 수화반응을 더욱 촉진시켰기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 낙차폭은 콘크리트에 발생하는 인장응력의 크기에 큰 영향을 주는 요소이다(Suh[1991]). 온도 낙차폭이 크다는 것은 곧 온도가 최고점까지 상승하였다가 큰 폭으로 떨어진다는 것을 의미하는데, 이때 감소되는 온도는 콘크리트를 수축시키게 되어 콘크리트 내부에 큰 인장응력을 발생시키는 것이다. 이러한 인장응력이 콘크리트포장의 강도보다 커지게 되면 그 때 균열이 발생하는 것이다.

따라서 온도 낙차폭이 크다는 것은 균열이 발생할

확률이 그만큼 높다는 것을 의미하는 것이다. 본 시험시공 구간에서 균열은 온도 낙차폭이 가장 큰 첫 번째 슬래브에서 균열이 발생할 것으로 예상되었지만, 실제 균열은 5번째 슬래브(시공시간 : 9시)의 중간에서 발생하였다(그림 10). 첫 번째 슬래브가 아닌 5번째 슬래브에서 균열이 발생한 이유는, 시공이 시작되는 슬래브(첫 번째 슬래브)의 옆면이 아무런 구속을 받지 않는 상태여서 인장응력의 크기가 상대적으로 작았기 때문이었던 것으로 판단된다.

3.2.2 온도패턴과 균열발생 시기

본 시험시공 구간에서는 새벽 5시 경부터 적은양의 이슬비가 내리다가 6시가 지난 후 많은 양의 비가 내렸다. 그림 11에서도 알 수 있듯이, 8시 30분 시공된 슬래브의 Top과 Middle 부분의 온도는 시공하는 날 저녁부터 슬래브의 온도가 서서히 하강하기 시

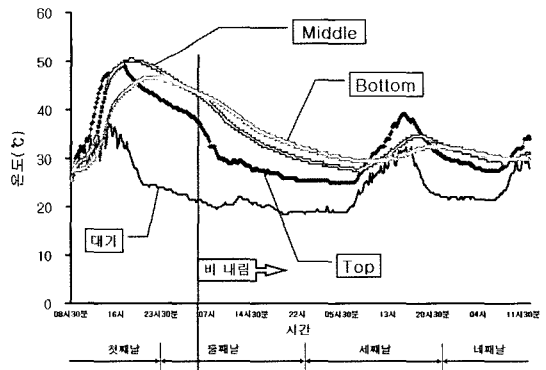


그림 11. 8시 30분 시공구간에서의 시간별 온도

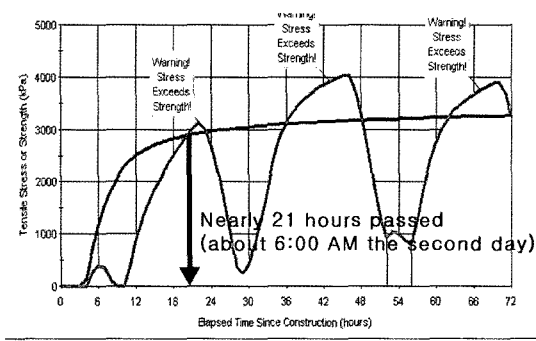


그림 12. HIPERPAV를 이용한 균열시간 예측

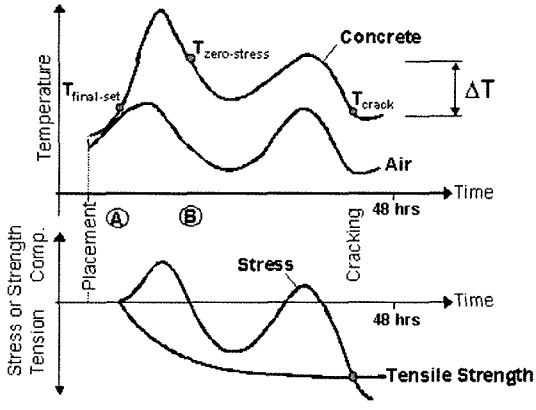


그림 13. HIPERPAV에서 균열발생을 예측하는 방법 (McCullough, 1999)

작하다가 많은 양의 비가 내리면서 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 무작위 균열은 바로 이 시점인 새벽 6시 30분경에 발생되었다. 균열은 온도의 하강으로 인하여 발생하는 인장응력이 콘크리트의 강도보다 큰 경우에 발생하는 데, 바로 이 시점이 그러한 경우에 해당되는 것으로 판단된다.

그림 12는 콘크리트 포장의 초기균열을 예측하는 HIPERPAV(HIGH PERFORMANCE PAVING software)라는 컴퓨터 프로그램을 사용하여 초기균열 발생시간을 알아본 결과인데, 이 프로그램에서도 현장에서와 마찬가지로 새벽 6시경에 초기균열이 발생하는 것으로 예측되었다(김중호(2002)). 그림 13은 HIPERPAV에서 콘크리트 포장의 균열발생 시기를 어떻게 예측하는지를 보여주고 있다.

4. 콘크리트 초기균열의 거동

4.1 72시간 조인트(Joint) 거동 패턴

본 연구에서 조사된 콘크리트포장의 조인트 거동은 그림 14와 같다. 그림 14에서 온도를 나타내는 그래프를 제외한 나머지 그래프는 50개 조인트가 거동하는 변위를 보여주는 그래프이다. 또한, 그림 14에서 비교적 변위가 큰 그래프는 줄눈 절단 후 균열이 발생한 조인트의 거동을 나타내는 것이며, 거동의 변위가 거의 없는 그래프는 조인트에 균열이 발생하지 않았거나 미세균열(Hair Crack)이 발생한 조인트의 거동을 나타내는 것이다. 앞서 수행된 다른 많은 연구와 동일하게, 본 연구에서도 균열이 발생한 조인트의 균열틈은 온도가 내려갈 때 벌어지고, 반대로 온도가 올라갈 때 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

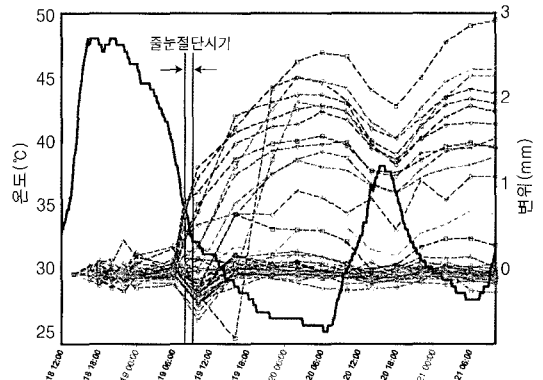


그림 14. 50개 조인트의 거동

4.2 조인트 균열에 따른 인근 슬래브 거동의 영향

4.2.1 균열 발생에 따른 슬래브 거동

그림 15는 그림 14의 그래프 중에서 균열발생이 안된 조인트만을 나타낸 그래프이다. 줄눈 절단 후에 균열이 발생한 조인트에서는 균열 발생 후 온도의 하강으로 인해 균열틈이 더 커졌지만, 균열이 발생하지 않은 조인트에서는 일체히 수축되는 현상이 발견되

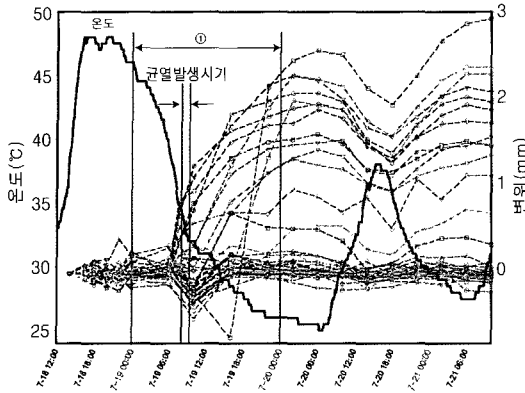


그림 15. 균열발생 안된 조인트의 거동

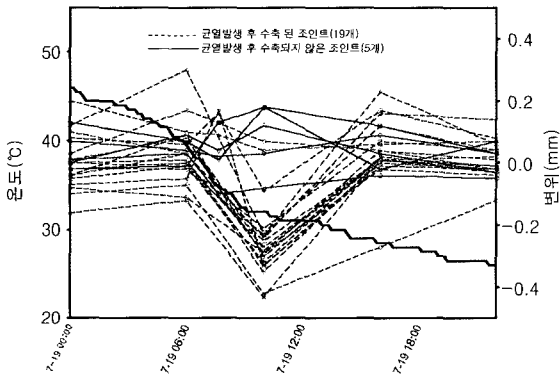


그림 16. 균열발생 안된 조인트의 거동 (그림 15의 "1" 확대)

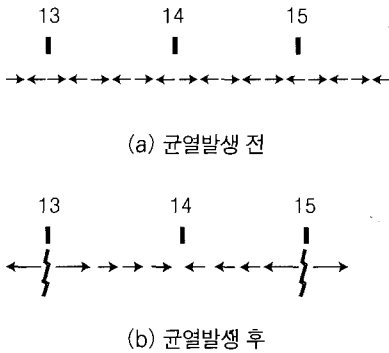


그림 17. 균열에 의한 슬래브 거동

었다. 이것은 인근 조인트에 균열이 발생됨에 따라 슬래브에 작용하던 인장응력이 갑자기 줄어들어 슬

래브가 수축된 현상으로 판단된다.

그림 16은 그림 15의 "1" 부분을 확대시킨 것으로 조인트의 균열로 슬래브가 수축되는 현상을 잘 보여주는 그래프이다. 예외적으로 5개의 조인트(1, 2, 3, 4, 6번 조인트)에서는 수축현상이 발견되지 않았는데, 이것은 인근 조인트에서 균열이 발생하지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

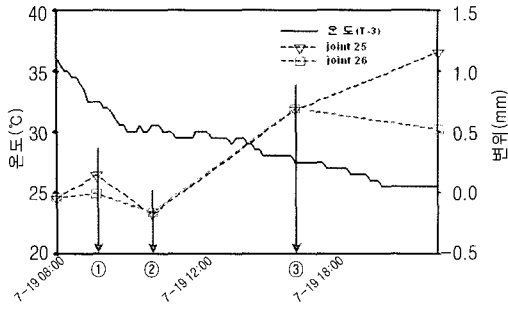
그림 17은 양 옆에 위치한 조인트에서 균열이 발생함에 따라 슬래브가 수축되는 현상을 설명하는 그림으로, 균열이 발생하지 않은 조인트 주변의 슬래브가 처음에는 변위의 변화는 평형상태에 있다가(a 그림 참조) 13번과 15번 조인트에 균열이 발생함에 따라 14번 조인트 부위가 수축되는 현상(b 그림 참조)을 보여준다.

4.1.2 균열 시기에 따른 슬래브 거동

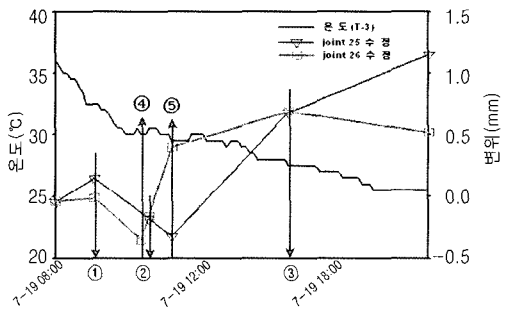
그림 18의 (a)는 균열이 발생한 조인트 중에서 균열 시기가 서로 다른 두 조인트의 거동을 나타내는 그래프이다. 이 두 조인트는 서로 이웃해 있어서 균열 시기가 다른 슬래브의 거동을 이해하는데 좋은 예가 된다.

그림 18의 (a)에서 26번 조인트의 균열 관측시간은 10시이지만 실제 균열시각은 7시와 10시 사이일 것이라고 예상할 수 있으며, 25번 조인트의 균열 관측시간은 16시이지만 실제 균열시각은 10시에서 16시 사이의 어느 순간에 발생했을 것이다. 단, 분명한 것은 26번 조인트에서 균열이 발생한 후에 25번 조인트의 균열이 발생했다는 것이다.

그림 18의 (b)는 (a)에서처럼 실제 계측되었던 균열틈의 변위는 그대로 유지하고, 균열발생시기를 추정하여 거동을 예측하여 나타낸 그래프이다. <그림 5.10>의 (a)와 (b)에서 ①, ②, ③은 실제 균열틈을 측정할 시간이므로 균열틈의 변위는 같으며, (b) 그래프의 ④와 ⑤는 각각 26번 조인트와 25번 조인트의 균열이 발생했을 것으로 추정되는 시간을 나타내는 것이다. 26번 조인트는 균열이 발생하기 전에는 수축하다가 균열 발생(④) 직후부터는 균열틈이 벌

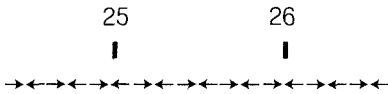


(a) 실제 측정된 결과만으로 그려진 그래프

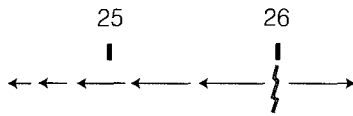


(b) 균열 발생 순간의 거동을 추정한 그래프

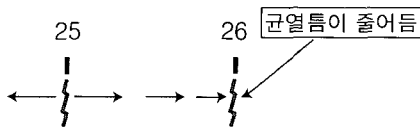
그림 18. 25번, 26번 조인트의 거동



(a) 균열 발생 전



(b) 26번 조인트 균열 발생



(c) 25번 조인트 균열 발생

그림 19. 균열에 의한 슬래브 거동

어지는 것을 확인할 수 있다. 그 후 25번 조인트에서의 균열발생(⑤)과 동시에 25번 조인트의 균열틈은 벌어지기 시작하고 26번 조인트의 균열틈은 오히려 수축된다. 온도가 떨어지고 있음에도 불구하고 26번 조인트의 균열틈이 수축되는 현상은 옆에 있던 조인트에서 갑자기 균열이 발생되었기 때문인 것으로 판단된다.

그림 19는 균열 시기에 따른 슬래브 거동을 설명하는 그림으로, 25번 조인트의 균열발생이 26번 조인트의 균열틈에 미치는 영향을 보여주는 것이다.

4.3 시공시기와 균열률

본 시험시공에서는 무작위 균열(random crack)이 발생한 직후에 줄눈 절단 작업(saw cutting)을 실시하였다. 그림 20은 각 조인트 별 균열 발생시기를 보여주는 것이다. 여기서 말하는 발생시기는 줄눈 절단 후부터 균열이 발생되기까지의 시간을 의미하는 것이다.

그림 20을 살펴보면 앞쪽에 위치한 조인트에서 많은 균열이 발생했다는 것을 알 수 있다. 시공시 대기 온도의 최고치를 기록한 14시 30분을 기준으로 시공 시간을 오전과 오후로 나누어 보면, 슬래브 조인트의 72시간 이내의 균열률은 각각 70%(21개/30개)와 25%(5개/20개)로 나타났다. 이것은 앞서 살펴본 바와 같이 오전에 시공된 슬래브에서 균열이 발생할 가능성이 더 많은 것과 비슷한 현상이라고 볼 수 있다.

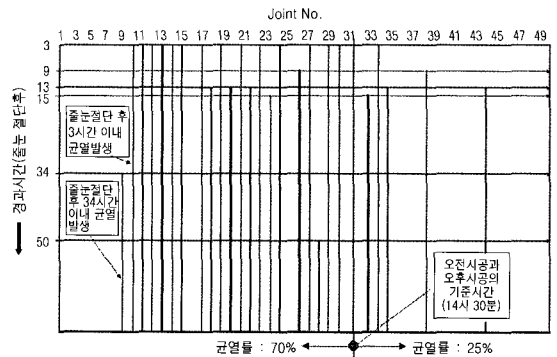


그림 20. 줄눈부 균열 발생시기

4.4 균열 간격과 균열틈의 크기

조인트 균열이 인근 슬래브의 거동에 영향을 준다는 것은 앞서 설명된 바 있다. 하지만 하나의 조인트에서 발생한 균열이 그곳으로부터 얼마나 떨어진 슬래브에 까지 영향을 주는지에 대해서는 알 수 없었다.

그림 21은 본 시험시공 구간에서 발생한 균열의 균열간격과 최대균열틈을 조사하여 상관관계를 알아보기 위해 나타낸 그래프이다. 여기서 적용된 균열은

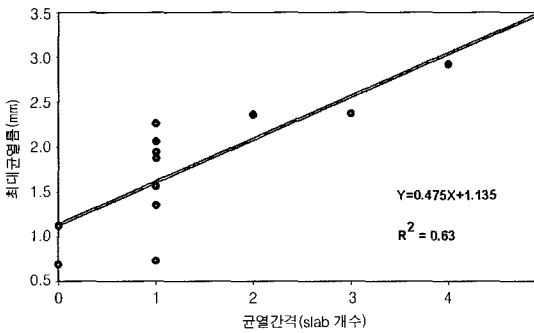


그림 21. 균열간격과 최대균열틈의 상관관계

실크랙 이상인 균열들만을 대상으로 하였으며, 조사 결과 균열간격과 최대균열틈과는 그림 21과 같은 선형적 관계가 있는 것으로 나타났다.

줄눈 절단 후 모든 조인트에서 바로 균열이 발생한다면 문제가 없겠지만, 연속된 여러 개의 조인트 중 하나의 조인트에서만 균열이 발생한다면 균열틈이 커지게 되므로 포장의 장기적인 공용성에 좋지 않은 영향을 준다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 줄눈절단 후 모든 조인트에서 균열이 바로 유도되어 균열이 커지지 않도록 해야 할 것이다.

5. 결론

(1) 본 시험시공 구간에서 무작위 균열의 발생 시점은 시공 다음 날 새벽 6시 30분경이었으며, 발

생 장소는 5번째 슬래브에서였다. 6시경부터 내리기 시작한 비로 슬래브의 온도는 급강하되었고 대부분의 슬래브가 큰 인장응력을 받았다. 그 중에서도 균열을 일으킨 슬래브의 온도 낙차폭(최고온도-균열직전 온도)은 다른 슬래브의 온도 낙차폭보다 월등히 크다는 것이 확인되었는데, 이것은 큰 온도 낙차폭으로 인해 커진 인장응력으로 인해 균열이 발생된 것으로 판단된다.

(2) 콘크리트포장 초기거동 분석결과, 줄눈 절단 후, 균열이 발생한 조인트에서는 균열 발생 후 온도의 하강으로 인해 균열틈이 더 커졌지만, 균열이 발생하지 않은 조인트에서는 동시에 수축되는 현상이 발견되었다. 균열 발생 후 온도의 하락으로 인해 균열틈은 더 벌어지려 하는데, 슬래브의 움직임은 슬래브와 보조기층의 마찰로 인하여 저항을 받게 되어 슬래브가 수축된 것으로 판단된다

(3) 이미 발생한 균열의 균열틈은 온도의 패턴에 따라 거동해야 하지만 그렇지 않은 경우가 본 시험시공 구간에서 발견되었다. 그 균열틈은 인근의 조인트에서 균열이 발생하면서 거동이 바뀐 것으로 판단된다. 이것은 균열 시기가 서로 다른 조인트로 인해 슬래브 거동이 영향을 받는 것을 보여준다고 할 수 있다.

(4) 50개의 조인트로 시공된 시험시공 구간에서 시공 후 72시간 이내에 균열이 발생한 조인트는 26개였는데 이들 중, 21개는 오전에 시공한 슬래브에서 발견되었으며 5개는 오후에 시공한 슬래브에서 발견되었다. 이를 균열률로 살펴보면 오전시공 슬래브는 70%(21개/30개)이며, 오후시공 슬래브는 25%(5개/20개)이다. 이것은 오전에 시공된 슬래브에서 균열이 발생할 가능성이 더 높다는 것을 의미하는 것으로 판단된다.

(5) 균열의 간격과 그 균열의 폭을 조사해본 결과, 균열간격과 최대균열틈과의 관계는 선형적 비례관계로 나타났다.

참고문헌

1. 김종호. (2002), "콘크리트포장 초기거동예측프로그램 국내 적용성 연구," 한양대학교 석사학위논문.
2. 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, U.S.A.
3. McCullough, F.B. and Rasmussen, R.O. (1999), "Fast-Track Paving: Concrete Temperature Control and Traffic Opening Criteria for Bonded Concrete Overlays", *Research Report, FHWA-RD-98-167*, Washington, U.S.A.
4. Park, D. G., (2002), "*Implementation of i-Button and Behavior of Early-Age Crack of Concrete Pavement*", M.S. Thesis, Hanyang University at Ansan, Korea.

〈접수 : 2004. 3. 18〉