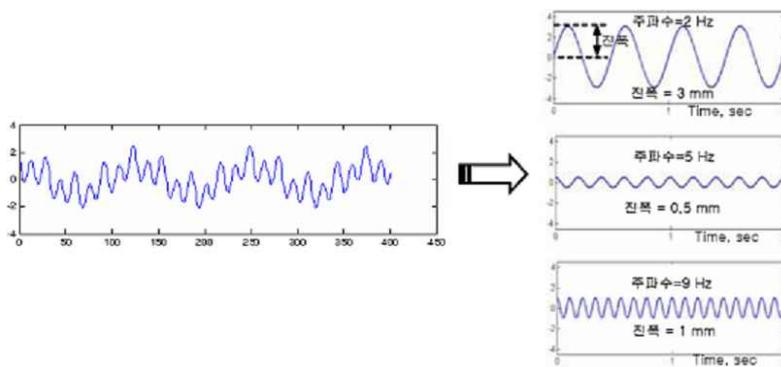


〈그림 1〉 쿼터카 모델 개요



〈그림 2〉 도로 노면이력의 구성의 예

2. 슬래브 컬링현상과 평탄성(IRI) 상관관계

2.1. 줄눈콘크리트 포장에서 IRI에 대한 슬래브 휨 영향 분석

줄눈콘크리트 포장 슬래브의 깊이 방향으로 온·습도 차이에 의해 슬래브의 형상변화가 발생한다. 컬링 현상의 경우 야간에 대기의 온도가 슬래브 하부의 온도보다 낮은 경우 슬래브 상하부 온도차에 의해 슬래브 하부에선 인장이 상부에선 압축이 발생하여 상향으로 슬래브가 휘는 형상을 보이게 된다. 그리고 상향 컬링현상과는 반대의 현상으로 대체로 낮에 발생하며 슬래브의 표면온도가 하부보다 높을 경우 상부에선 인장이 하부에선 압축이 발생하여 슬래브가 아래방향으로 휘는 하향 컬링이 발생하게 된다.

이러한 슬래브의 컬링은 줄눈콘크리트 포장의 공용성에 중요한 영향을 미치며 “구조적으로 컬링발생과 함께 교통하중이 복합적으로 작용할 경우 슬래브 중앙상부에 과도한 응력이 발생하여 top-Down 균열이 발생하게 되며 반대의 경우로 하향컬링 작용시 코너부 균열이 발생하게 된다.(Hansen,2002) 줄눈 콘크리트포장의 프로파일 데이터는 랜덤한 파장의 데이터로 수많은 파장과 진폭의 파들이 조합된 데이터라 할 수 있다. 이러한 프로파일 데이터에서 줄눈 콘크리트 포장의 슬래브 휨 형상을 분리하여 분석하기 위해선 푸리에변환, 파워스펙트럼 분석과 특정 주파수 추출, 역푸리에 변환등의 기법이 이용되어야 하며 이를 통해 컬링의 변화가 포장의 평탄성에 영향을 미치는지 확인할 수 있으며 이를



측정자가 직접 측정을 하게 되어 측정시 포장면의 종방향 선상에 대한 동일 구간으로의 측정이 이루어지기 힘든 문제에 기인한다. 또한 이로 인하여 측정구간의 컬링 영향에 대한 변위 값도 차이를 보이며 또한 계절이 변화함에 따라 포장체의 상하부 온도상태가 달라지게 되어 컬링 변위량의 변화에도 영향을 받아 평탄성지수(IRI)가 틀린 결과 값을 나타내는 것으로 판단된다. 하지만 이러한 변수들을 고려하여도 명확히 결과를 보이는 것은 콘크리트포장의 컬링 현상이 포장의 평탄성 지수에 영향을 미치고 있으며 이에 대한 컬링 영향을 제거할 경우 평탄성 지수가 변화함을 확인 할 수 있다.

시험도로 줄눈콘크리트 포장 슬래브에서 측정한 프로파일 데이터를 이용하여 <표 3>과 <표 4>에 컬링 추출 기법을 통해 산정한 슬래브 컬링량을 표시하였다. 컬링현상이 온도에 영향을 받음에 따라 컬링 변화량과 슬래브 상하부 온도차에 대하여 Built-In temperature를 표시하여본 결과 <그림 4>와 같이 Built-In temperature 차가 5℃임을 확인할 수 있다.

<표 1> 7월 26-27일 중부내륙 시험도로 프로파일 데이터에 대한 분석 결과

구분		컬링제거전 IRI(m/Km)			컬링제거후 IRI(m/Km)			IRI 감소율(%) (컬링 영향률)		
온도차		-1.45	8.9	3.4	-1.45	8.9	3.4	-1.45	8.9	3.4
측정시기		아침	오후	저녁	아침	오후	저녁	아침	오후	저녁
주 행 차 로	길어깨(No1)	2.84	3.02	2.91	2.29	2.49	2.33	19.4	17.5	19.9
	오른쪽 휠패스(No2)	2.67	2.67	2.61	2.18	1.95	2.02	18.4	27.0	22.6
	중앙(No3)	2.71	2.9	2.46	1.95	2.23	1.95	28.0	23.1	20.7
	왼쪽휠패스(No4)	2.47	2.72	2.4	1.89	2.13	1.92	23.5	21.7	20.0
	엣지(No5)	2.34	2.39	2.45	1.85	1.84	1.94	20.9	23.0	20.8

<표 2> 10월 23일 중부내륙 시험도로 프로파일 데이터에 대한 분석 결과

구분		컬링제거전IRI(m/Km)			컬링제거후IRI(m/Km)			IRI 감소율(%) (컬링 영향률)		
온도차		-3.25	5.9	1.55	-3.25	5.9	1.55	-3.25	5.9	1.55
측정시기		아침	오후	저녁	아침	오후	저녁	아침	오후	저녁
주 행 차 로	길어깨(No1)	2.73	2.79	2.64	2.58	2.26	2.12	-	19.0	19.7
	오른쪽 휠패스(No2)	2.41	2.48	2.31	1.9	1.99	1.87	21.2	19.8	19.0
	중앙(No3)	2.35	2.56	2.57	1.88	2.08	2.13	20.0	18.8	17.1
	왼쪽휠패스(No4)	2.62	2.37	2.08	2.2	1.97	1.67	16.0	16.9	19.7
	엣지(No5)	2.09	2.16	1.95	1.69	1.7	1.58	19.1	21.3	19.0
추 월 차 로	오른쪽 휠패스(No6)추월차로	2.5	2.07	2.19	2.06	2.06	1.86	17.6	-	15.1
	왼쪽휠패스(No7)추월차로	2.27	2.27	2.48	1.9	1.82	2.23	16.3	19.8	-

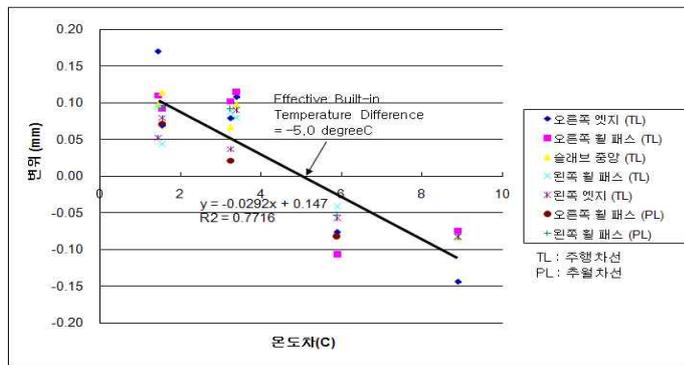
<표 3> 7월 26-27일 측정 데이터의 슬래브 휨 변형 값

구 분	슬래브 휨 형상 변위(mm)		
	7월 27일		7월 26일
	아침	오후	저녁
길어깨(1)	0.1693	-0.1445	0.1074
오른쪽휠패스(2)	0.1096	-0.0755	0.1148
중앙(3)	0.0971	-0.0829	0.0974
왼쪽휠패스(4)	0.095	-0.0818	0.0797
엣지(5)	0.0521	-0.083	0.0898



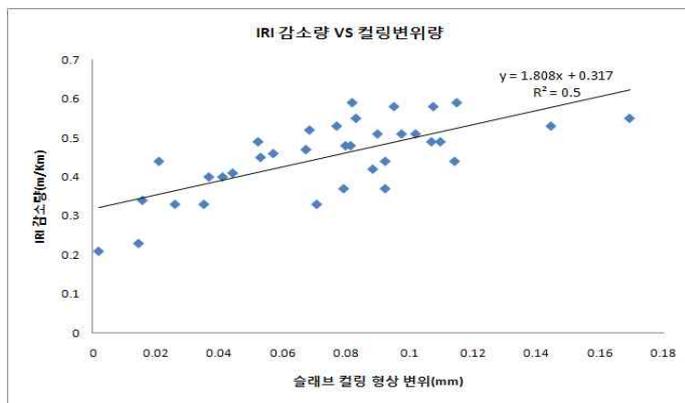
〈표 4〉 10월 23일 측정 데이터의 슬래브 휨 변형 값

구 분	슬래브 휨 형상 변위(mm)		
	10월 23일		
	아침	오후	저녁
길어깨(1)	0.0783	-0.077	0.0683
오른쪽휨패스(2)	0.1018	-0.107	0.0922
중앙(3)	0.0672	-0.081	0.1141
왼쪽휨패스(4)	0.0883	-0.041	0.0441
엣지(5)	0.0366	-0.057	0.0791
오른쪽휨패스(6)	0.0208	-0.082	0.0706
왼쪽휨패스(7)	0.0922	-0.053	0.0926



〈그림 4〉 컬링 vs 온도차 관계

〈표 1〉~〈표 4〉의 값을 통해 컬링현상이 평탄성 지수에 영향을 미치고 있음을 확인하였으며 〈그림 5〉는 이러한 컬링의 영향이 실제 평탄성 지수의 감소에 어떠한 영향을 미치고 있는지를 보여주는 그래프로써 슬래브의 컬링 변위량이 증가할수록 평탄성 지수 감소량이 증가함을 보여주고 있다. 이는 줄눈 콘크리트 포장에서의 슬래브 컬링 현상이 실제 동일 구간 내에서도 평탄성 측정 시기에 따라 컬링 변위가 변화하고 이에 따라 측정시기 및 기간별로 다른 평탄성 지수값을 보일 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다.



〈그림 5〉 컬링영향 vs IRI 감소량 관계



4. 결론

본 연구를 통하여 줄눈콘크리트 포장의 컬링현상이 도로 평탄성에 미치는 영향에 대하여 다음의 결과를 도출할 수 있었다.

첫째, 여름(7월) 및 가을(10월)에 중부내륙시험도로에서 측정된 프로파일 데이터에서 추출한 슬래브 컬링 변위량이 -0.1445~0.17mm의 값의 범위를 나타내었다. 온도영향에 의한 컬링의 일 변화량 또는 계절별 변화량에 대해 이를 제거한 후 평탄성 지수를 산정하여 본 결과 기존 평탄성 지수 보다 15.1~28% 감소함을 확인하였다.

둘째, 슬래브 컬링 변위량의 증가에 따라 평탄성 지수 감소량이 증가함을 확인할 수 있으며, 실제 동일 구간에서도 평탄성 측정 시기에 따라 컬링 영향이 다르게 작용하여 다른 평탄성 지수값을 보일 수 있음을 확인하였다. 따라서 평탄성 산정에 있어 컬링의 영향을 고려할 수 있는 개선된 평탄성 지수 모형이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구 결과의 경우 시험도로의 자료만을 이용한 결과로서 좀 더 다양하고 많은 실험구간의 데이터 추가가 요구되며 이에 따라 향후 중부, 호남선등의 줄눈콘크리트 포장의 프로파일 데이터 및 환경인자 데이터를 수집 및 측정하여 추후 연구를 수행할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 한국도로공사 도로교통연구원의 공동연구영역으로 “포장의 기능 및 구조적 평가기법 개발을 통한 사용성 및 내구성 진단” 연구의 일부 성과물로 이에 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 한국도로공사 도로연구소(1992), “포장의 평탄성 특성연구(II), 포장의 미끄럼 저항특성연구(III)”, 한국도로공사, 도로연 92-13-10.
2. G Awasthi, T Singh, Dr A Das(2003), "On pavement roughness indices", Journal of the Institution of Engineers, vol 84, pp 33-37.
3. Hansen, W. Smiley, D. Peng, Y. Jensen, E(2002), “Validating Top-down Premature Transverse Slab Cracking in Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP).” Transportation Research Board 1809, pp.52-59.
4. Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas(1996), "Interpretation of road roughness Profile Data", Federal Highway Administration.
5. Michael W. Sayers, Steven M. Karamihas(1998), "The little book of profiling", Univ Of Michigan.
6. Hassen, R., Mc Manus, K.J., and holden, J(1999). "Predicting pavement deterioration modes using wave-band analysis", Transportation Research Board, pp. 181-187.
7. Victoria Felker, Mustaque Hossain, and Yacoub Najjar(2003), "Roughness Progression Model on Kansas PCC Pavements", 2003 Mid-continent Transportation Research Symposium.
8. Zahidul Siddique, Mustaque Hossain, Ph.D., P.E., and John J. Devore, Ph.D.(2004), “Investigation of the effect of curling on As-constructed smoothness and ride quality of KDOT Portland Cement Concrete(PCC) pavements”, KANSAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, KSU-01-7