



줄눈 콘크리트포장의 적정 줄눈간격에 대한 연구

A Study for Optimum Joint Spacing in Jointed Concrete Pavement

전 범 준* 이 승 우**
 Chon, Beom Jun Lee, Seung Woo

Abstract

Joint spacing is a potent influence in increasing the long term performance of jointed concrete pavement slabs through the control of tensile stress, sealant failure and Load Transfer Efficiency (LTE). Internal Joint Spacing is an empirical and fixed method therefore this study will present the optimum joint spacing considerations depending on various climactic conditions. Calculating the optimum joint spacing eliminates random cracking due to the effect of the environmental loads such as the early behavior of drying shrinkage and heat hydration. Optimum joint spacing is calculated so as not to cause pavement distress by the deterioration of LTE by long term pavement movement. This study shows that the provisional joint spacing is 6-8m. Pavement Distress Prediction Models show that pavement distress has no effect on joint spacing of 8m.

Keywords : *jointed concrete pavement, joint spacing, early behavior, long term performance, load transfer efficiency(LTE)*

요 지

줄눈 콘크리트포장에서 적정한 줄눈간격은 슬래브의 거동에 의해 발생하는 인장응력, 줄눈채움재의 파손과 다웰바의 하중전달율(LTE)의 저하를 방지하여 도로포장의 장기 공용성 증가에 큰 영향을 미친다. 하지만 국내 줄눈간격은 경험적이고 획일적으로 이루어진다. 그러므로 본 연구는 국내 권역별 기후조건을 토대로 합리적인 줄눈간격 산정에 대한 방안을 제시하였다. 합리적인 줄눈간격은 초기거동에서 환경하중의 영향에 따른 건조수축과 수화열에 의해 무작위 균열 발생하지 않도록 산정하였다. 그리고 장기거동에서 줄눈폭의 과도한 움직임에 따른 LTE 저하로 인해 포장파손이 발생하지 않도록 줄눈간격을 산정하였다. 본 연구에서 산정된 줄눈간격 잠정안은 6~8m이며, 포장파손 예측 모델을 통해 줄눈간격을 8m로 증가시켜도 포장 공용성엔 큰 차이가 없었다.

핵심용어 : 줄눈 콘크리트포장, 줄눈간격, 초기거동, 장기거동, LTE

* 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 대학원생
 ** 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 조교수



1. 서론

줄눈콘크리트 포장에서 줄눈의 설치 목적은 콘크리트 슬래브의 건조수축, 수화열, 하부지반 마찰력, 슬래브의 휨(Curling)으로 인한 슬래브내 인장응력의 크기를 적정치 이하로 제어하여 슬래브내 무작위 균열이 발생하는 것을 제어하는 것이다. 그러나 줄눈은 그 자체가 구조적 취약부로 우수침투에 의한 하부지반의 지지력을 약화시켜 단차(Faulting)가 발생되고, 비압축성 이물질의 침투로 인해 쪼개짐 현상(Spalling) 등이 발생되어 포장의 조기 파손의 원인이 된다. 그러므로 불연속면의 이러한 단점을 보완하기 위해서 합리적인 설계 기법이 마련되어야 하겠다.

본 연구는 합리적인 불연속면의 설계 기법 마련의 일환으로써 적정 줄눈간격을 제시하고 형상 설계 방안에 대해 알아보았다. 국내 줄눈 콘크리트 포장에서 줄눈간격 및 형상설계는 합리적인 산정 방안이 제시된 바 없이 경험적 방식에 의존하고 있다. 줄눈간격 산정의 경우, 86 AASHTO Guide에서 최대 줄눈간격을 슬래브 두께(inch)의 2배이하로 제시하고 있고, 국내에서는 도로설계요령에서 포장두께의 2배로 규정하여 확일적으로 6m로 설계하고 있다. 줄눈 형상 설계 또한 도로설계요령에서 줄눈 깊이를 슬래브 두께의 1/4 이상이 되도록 일괄적으로 적용하고 있

으며, 줄눈채움재의 현장 성형상태를 유지하기 위해 채움부가 적절한 형상을 갖추도록 제시하고 있다.(한국도로공사, 2001) 이러한 경험적이고, 확일적인 설계 방안은 많은 문제를 갖고 있다. 줄눈간격이 과대하게 설계되어질 경우, 콘크리트 강도가 충분히 발현되기 전 시공초기 환경 하중(온·습도 변화에 의한 Subbase Friction 및 Curling)에 의해 슬래브내 인장응력이 발생하여 무작위 균열이 발생할 수 있다. 반대로 줄눈간격이 과소하게 설계되어질 경우, 일정 구간내의 줄눈의 수량이 늘어서 관련공사비(Saw cutting, 줄눈채움재, Dowel 설치)가 증가하고, 포장내 불필요한 불연속면의 설치로 승차감이 저하된다. 그리고 줄눈간격이 과소하면 줄눈잠김이 발생하여 슬래브의 역학적 길이가 길어짐으로 과대한 인장응력이 발생하여 잠김 줄눈에 인접한 줄눈에 과도한 줄눈폭의 변화가 생긴다. 과도한 줄눈폭의 변화는 줄눈채움재의 조기파손을 가져오며 다웰바의 하중전달을(LTE)을 저하시켜 Spalling과 Faulting의 원인이 된다.(이승우, 2001)

2. 적정 줄눈간격 산정 흐름

본 연구에서 적정 줄눈간격 산정을 위한 흐름은 그림 1과 같다. 적정 줄눈간격 산정을 위해 초기거동에

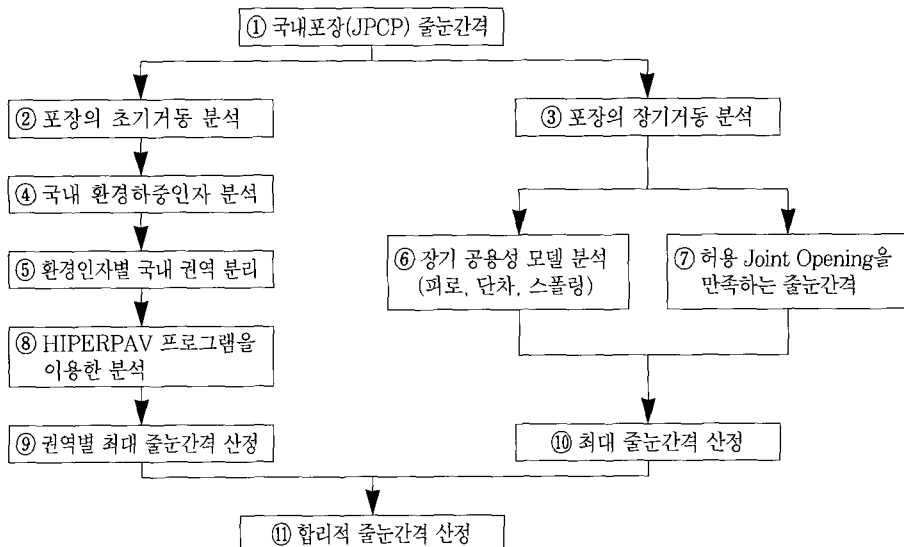


그림 1. 줄눈간격 산정에 대한 흐름도

서 국내 권역별 기후데이터를 통계 처리하여 HIPERPAV(High PERFORMANCE PAVING Software)에 적용하였다. 그리고 장기거동에선 다웰바의 하중전달율(LTE)를 고려하였다.

3. 적정 줄눈 간격 선정

3.1 초기거동에서의 줄눈간격 선정

줄눈 콘크리트포장의 장기적 공용성을 유지하기 위해선 콘크리트 타설후 72시간동안의 초기거동에서의 품질관리가 중요하다. 콘크리트포장 수명은 초기 시공관리에 따라 10~20년이 증가 또는 단축된다. 초기 품질관리를 위해 선진국의 경우 HIPERPAV(High PERFORMANCE PAVING Software)을 시공에 활용하고 있다. HIPERPAV은 FHWA 특별 보고서 #201의 연구결과물로 설계, 재료, 환경, 시공조건을 정량적으로 입력하여 콘크리트 포장 포설후 72시간동안 인장응력 및 인장강도를 역학적으로 예측할 수 있는 프로그램이다. 설계, 재료, 환경, 시공조건에서 입력변수는 표 1에 정리되어 있다.

본 연구에서도 HIPERPAV를 사용하여 시공 초기 강도가 충분히 발현되기 전(교통개방 전) 환경하중의 영향에 따른 슬래브내무작위 균열이 발생하지 않

표 1. HIPERPAV 입력변수

구분	내용
General Design Parameters	포장두께, 줄눈간격, 보조기층, 마찰력 감소층, 28일 강도
Environmental parameter	일대기온도변화, 일대기습도변화, 복사조건, 평균풍속
Mix Design Parameters	골재종류, 시멘트종류, 물-시멘트비, 혼화제종류, 굵은 골재량, 잔 골재량
Construction Parameters	양생방법, 양생시기, 포설전 콘크리트 온도, 포설전 보조기층 온도, Saw Cutting Time

도록 줄눈간격을 산정하여 보았다. 본 연구에서 HIPERPAV은 신뢰도 99%로 수화열이 가장 많이 발생하는 여름철 시공으로 하여 실행하였다. 복사 조건은 Sunny로 하였고, Saw Cutting Time은 여름 시공시 포설후 9~10시간이지만 시공 오차를 고려하여 11시간으로 하였다. 골재의 종류는 국내에서 가장 많이 사용하는 화강암/석회암으로 하였고, 보조기층의 종류는 국내 콘크리트포장이 린층에 비닐막 처리하는 것을 고려하여 Unbound Aggregate로 하였다. 국내 기후특성에 따른 환경 하중을 HIPERPAV에 적용하기 위하여 국내 53개 기후관측 지점을 선정하여 10년간의 기후 자료를 수집·통계 처리하였다. 통계처리를 통하여 지역별, 일별, 월별 최고기온, 최저기온, 최대상대습도, 최소상대습도 평균풍속에 대한 Data를 얻었다. 이 Data를 통해 국내 기상청의 지역구분과 동일하게 지역별 기후특색이 유사하고 근접한 지역을 25개 권역으로 구분하였다. 본 연구에선 HIPERPAV 환경변수로 시공초기 온도에 따른 환경영향이 여름철 가장 크게 나타나므로 신뢰도 95%로 통계 처리되어진 월별 대표값 중 8월의 Data를 적용하였다. HIPERPAV 환경변수로 사용된 데이터는 표 2에서 정리되어진다. 마지막으로 일반적인 설계 변수로서 포장의 두께는 25cm, 30cm, 35cm로 하여 초기거동에 있어 두께에 따른 영향을 고려하였다. 초기거동에서 HIPERPAV에 의해 예측된 줄눈간격은 25개 권역의 53개 지역이 대부분 28m에서 43m의 결과값을 얻었다. 이러한 결과값은 콘크리트포장 초기거동 예측프로그램의 국내 적용성 연구에서 시험시공을 통해 줄눈을 설치하지 않은 경우 슬래브내에 무작위 균열이 발생하는 위치가 약 36m 지점으로 관찰되어진다.(김중호, 2002) 그러나 초기거동에서 산정된 과도한 줄눈간격은 큰 줄눈폭의 변화로 인해 포장체의 조기파손의 원인이 된다. 따라서 초기거동에서 고려된 줄눈간격은 줄눈 간격 설계에 있어 임계의 설계 요소가 아니라고 할 수 있다.



표 2. HIPERPAV에 사용되어진 Environmental parameters

권역	지역	최고기온(℃)	최저기온(℃)	최대상대 습도(%)	최저상대 습도(%)	평균풍속 (m/s)
강원남부	영월	29.4	19.6	82.0	40.3	1.3
	원주	30.3	20.9	79.8	43.2	0.9
강원북부	인제	29.0	19.3	80.7	43.3	1.6
	철원	28.7	19.8	82.7	40.0	1.7
강릉동해안	동해	27.6	20.5	84.1	46.0	1.9
	강릉	29.0	21.4	79.3	42.9	1.9
	속초	27.4	20.5	84.0	48.9	2.1
강원산간	대관령	23.6	16.3	87.9	49.7	3.4
	태백	26.2	17.2	77.4	42.0	1.5
강원중부	춘천	30.2	20.4	83.0	44.8	1.2
	홍천	30.4	20.0	73.6	38.5	0.9
경기남부	이천	30.2	20.7	77.0	41.4	1.2
	수원	30.2	22.3	77.5	42.5	1.9
경기중부	서울	30.1	22.4	77.1	41.2	1.9
경기북부	동두천	29.7	20.3	80.8	40.4	1.7
	문산	28.5	19.4	89.8	44.1	1.8
경기서해안	인천	30.0	22.4	81.0	46.5	2.2
충남남부	금산	30.4	20.3	75.1	41.9	1.1
	부여	31.2	21.6	78.7	44.7	1.3
충남중부	대전	30.6	22.1	79.5	42.1	2.2
	천안	30.4	20.9	76.3	45.1	1.6
충북중부	청주	30.6	22.0	75.1	41.5	2.0
	보은	29.7	19.9	72.5	41.7	1.2
	추풍령	29.6	20.3	80.5	43.0	1.6
충북북부	제천	29.4	19.2	75.1	41.7	1.3
	충주	30.3	20.4	75.7	42.8	1.3
충남서해안	보령	30.1	22.1	80.1	51.9	2.1
	서산	30.1	21.5	82.3	46.0	2.5
전남중부	광주	30.9	22.7	77.9	42.9	2.6
	순천	30.9	21.0	74.6	42.2	0.8
전남서부남해안	목포	30.3	23.1	79.1	45.0	3.5
	진도	26.7	20.0	95.7	59.2	5.6
	완도	29.5	22.7	82.0	52.2	3.4
전남동부남해안	고흥	30.0	21.6	72.3	41.8	1.5
	여수	29.3	23.5	80.6	46.2	4.0
전북중부	전주	31.2	22.6	79.1	42.1	1.7
	임실	29.7	19.7	78.9	46.6	1.2
전북서해안	군산	30.0	22.8	80.9	49.9	3.4
경기북부	안동	30.2	21.0	76.7	37.6	1.4
	대구	31.5	22.8	60.1	38.4	2.5
	영덕	28.6	20.4	79.6	44.6	2.0
경남남부	마산	30.8	23.8	76.9	42.4	2.1
	부산	29.9	23.4	82.0	47.7	4.0
	진주	31.0	22.1	79.9	38.3	1.8
	통영	29.8	23.3	80.8	44.7	2.8
경남서부	합천	31.3	21.0	73.3	37.5	1.2
	거창	29.5	19.9	79.0	37.0	1.0
경북서부	영주	29.8	19.7	76.1	39.9	1.5
	상주	29.3	20.3	86.7	44.3	1.4
	구미	31.2	21.1	74.8	37.0	1.1
	영천	30.9	20.9	73.9	40.3	1.5
제주남부	제주	30.2	24.4	78.1	48.0	3.0
제주북부	서귀포	30.2	24.8	80.7	48.0	3.3

※ 평균 풍속은 mile/hr로 환산하여 HIPERPAV 프로그램에 사용

3.2 장기거동에서 줄눈간격 산정

$$LTE = \left(\frac{2 \cdot W_u}{W_u + W_l} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

줄눈 콘크리트포장의 장기거동에선 환경하중과 교통하중으로 인해 설계시 고려된 줄눈폭의 변화량보다 과도하게 줄눈폭이 벌어질 경우 줄눈채움재의 파손과 골재 맞물림 및 다웰바의 하중전달효율(LTE) 저하로 Spalling, Faulting이 발생되어 포장의 내구성 및 공용성이 떨어지는 원인이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 줄눈간격을 산정하기 위하여 과도한 줄눈폭의 변화에 따른 LTE 저하를 고려하였다. 줄눈 콘크리트포장에서 다웰바의 LTE(Load Transfer Efficiency)는 교통 하중 재하시 옆 슬래브로의 하중 전달율을 의미한다. LTE는 (1)식에 의해 얻을 수 있다.

여기서

LTE: 교통 하중 재하시 옆 슬래브로의 하중 전달율(%)

W_u : 하중이 재하되기 전 슬래브 침하

W_l : 하중에 재하되었을 때 슬래브 침하

중차량에 대한 적정 LTE는 75% 또는 그 이상으로 간주하고 있으며, (AASHTO-FHWA, 1995) LTE가 급격하게 감소하는 줄눈폭의 최대 움직임은 13mm로 제시하고 있다.(AASHTO-FWHA, 1979) 본 연구는 86 AASHTO Guide (AASHTO, 1986)

표 3. 무작위 균열이 발생하는 최대줄눈간격

권역	지역	두께(cm)			권역	지역	두께(cm)				
		25	30	35			25	30	35		
강원남부	영월	31m	35m	39m	충남서해안	서산	29m	32m	36m		
	원주	34m	39m	43m		전남중부	광주	29m	33m	37m	
강원북부	인제	30m	33m	37m	전남서부		순천	34m	39m	43m	
	철원	29m	33m	37m		남해안	목포	28m	31m	36m	
강릉동해안	동해	30m	34m	37m	전남동부		진도	26m	30m	35m	
	강릉	30m	34m	38m		남해안	완도	28m	32m	35m	
	속초	29m	33m	37m	전북중부		고흥	31m	35m	40m	
강원산간	대관령	27m	30m	33m		남해안	여수	28m	32m	35m	
	태백	29m	33m	37m	전북중부		전주	31m	35m	40m	
강원중부	춘천	31m	36m	40m		전북서해안	임실	31m	35m	39m	
	홍천	32m	37m	41m	경북북부		군산	28m	32m	36m	
경기남부	이천	32m	37m	41m		경북북부	안동	31m	35m	39m	
	수원	30m	34m	38m			경남남부	대구	29m	33m	37m
경기중부	서울	30m	35m	39m	경남남부			영덕	29m	33m	37m
	경기북부	동두천	30m	34m		38m		경남남부	마산	30m	35m
경기서해안		문산	29m	33m		37m	경남서부		부산	28m	32m
	충남남부	인천	29m	33m	37m	경남서부			진주	30m	35m
충남남부		금산	32m	36m	40m			경북서부	통영	29m	33m
	충남중부	부여	32m	37m	41m		경북서부		합천	31m	37m
충북중부		대전	30m	34m	38m	경북서부			거창	32m	38m
	충북북부	천안	30m	35m	38m			경북서부	영주	30m	35m
		충북북부	청주	30m	35m		38m		제주남부	상주	31m
	충남서해안		보은	31m	36m	39m	제주북부			구미	33m
충남서해안		추풍령	30m	34m	38m	제주북부		영천		30m	35m
	충남북부	재천	31m	35m	39m		제주북부	제주	29m	33m	38m
충남북부		충주	31m	36m	39m	제주북부		서귀포	29m	33m	37m
	충남서해안	보령	29m	34m	38m						



등 현재 일반적으로 사용되고 있는 줄눈폭 변화량 산정식을 이용하여 줄눈간격을 산정하여 보았다. 줄눈폭 변화량 산정식은 식 (2)와 같다.

$$\Delta L = CL(a\Delta T + S) \quad (2)$$

여기서

ΔL : 줄눈폭 변화량

C : 보조기층과 슬래브 마찰저항에 대한 보정계수

L : 줄눈간격

a : 콘크리트 슬래브 열팽창계수

ΔT : 슬래브내 온도변화

S : 콘크리트 슬래브의 건조수축계수

위 식(2)에서 C 는 안정처리한 보조기층에 대해서

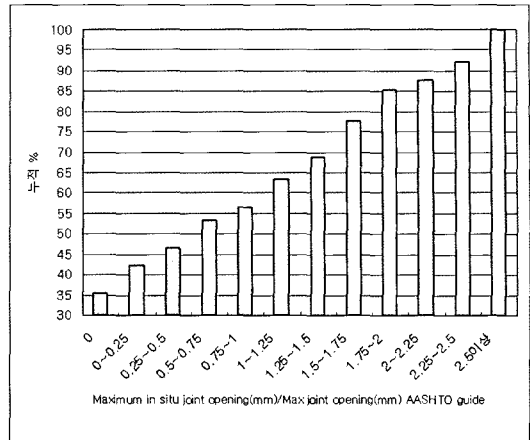


그림 2. Maximum in situ joint opening(mm)과 Max joint opening(mm) AASHTO Guide의 누적 비율

표 4. 권역별 줄눈간격 잠정안

권역	지역	줄눈간격(m)	권역	지역	줄눈간격(m)	
강원남부	영월	6	충남서해안	서산	7	
	원주			전남중부		광주
강원북부	인제	6	전남서부		순천	8
	철원			전남남부	목포	
강릉동해안	동해	7	전남동부		진도	7
	강릉			전남남부	완도	
	속초				고흥	
강원산간	대관령	6	전북중부	여수	6	
	태백			전북서해안		전주
강원중부	춘천	6	경북북부		임실	7
	홍천			안동		
경기남부	이천	6	대구		영덕	7
	수원			경남남부	마산	
경기중부	서울	7	경남서부		부산	7
	경기북부			동두천	경남서부	
경기서해안		문산	6	경북서부		통영
	충남남부	인천			7	경북서부
충남중부		금산	6	경북서부		
	충남북부	부여			6	경북서부
충남중부		대전	6	경북서부		
	충남북부	천안			6	경북서부
충북중부		청주	7	경북서부		
	충북북부	보은			7	제주남부
충북북부		추풍령	7	제주북부		
	충북북부	제천			6	충북서해안
충북북부		충주	6	충북서해안		
	충북북부	보령			7	충북서해안



표 5. 포장파손 예측 모델식(FHWA, 2000)

구 분	포장파손 예측 모델식
%피로균열 (CRACKING)	$\%CRACKED = \frac{100}{1 + 1.16FD^{-1.3}}$ <p>· %CRACKED=슬래브내 크랙(%) · FD= 피로 파손도</p>
단 차 (FAULTING)	$FAULT = DAMAGE^{0.275} \times [0.1741 - 0.0009911 \times DAYS90 + 0.001082 \times PRECIP]$ <p>· Fault= 평균 줄눈부 단차, in · BASETYPE= 보조기층 종류(0 if nonstabilized: 1 if ATB, CTB, LCB) · LCB= 린콘크리트층 (1 if LCB is present, 0 if LCB is not present) · WETDAYS= 연 평균 습윤 일 수 · DAY90= 년 중 최고 32℃(90°F)를 넘는 일 수 · DOWEL= 다웰바 유무 (1 if dowels are present, 0 if dowel are not present) · DAMAGE= n / N n= 설계 단축 하중 회수 (ESAL's) N= 허용 단축 하중 회수 (ESAL's)</p>
%스플링 (SPALLING)	$\%SPALL = AGE^2 \times 10^{-6} \times JTSPACE \times [551.6 - 847.3 \times (LIQSEAL + PREFSEAL) + (0.936 \times (DAYS90)^3 \times 10^{-3}) + (364 \times DOWELCOR) + (2.783 - 1.40 \times LIQSEAL - 2.368 \times PREFSEAL \times LIQSEAL - 2.368 \times PREFSEAL - 0.676 \times SILSEAL) \times FI]$ <p>· %SPALL = 줄눈부의 중간에서 심각한 스프링발생 비율, % · AGE = 공용년수 · DOWELCOR = 다웰바의 부식 여부 (assumed to be equal to 0) = 0, if 다웰이 없거나 부식 방지가 될 경우 = 1, if 부식 방지가 되어 있지 않을 경우 · JTSPACE = 평균 줄눈간격, ft · LIQSEAL = 1, if 액상줄눈채움재일 경우, otherwise, 0 · PREFSEAL = 1, if 성형줄눈채움재일 경우; , otherwise, 0 · SILSEAL = 1, if 실리콘 실런트일 경우; otherwise, 0 · FI = 동결지수, °F-days · DAYS90 = 일년중 일 최고기온이 32℃(90°F)보다 높은 날 수</p>
평탄성지수 (IRI)	$IRI = 105.9 + 159.1 \times \left(\frac{AGE}{KSTATIC} \right) + 2.167 \times JTSPACE - 7.127 \times THICK + 13.49 \times EDGESUP$ <p>· IRI = 평탄성 지수, in/mi · AGE = 공용년수. · KSTATIC = 평균 정적 역산 K-value, psi/in · THICK = 슬래브 두께, in · EDGESUP = 길어깨 지지 여부(1=tied PCC shoulder, 0=any other shoulder type).</p>

0.65, 입상 재료층에선 0.80로 제시한다. 식(2)는 1977년 Dater 등에 의해서 제안되었는데 4 Section의 제한된 현장데이터를 기초로 C값을 제시 하였고, 신뢰성에 많은 의문이 제시되고 있다. Lee(2000)는 보조기층에서 마찰 저항을 받는 콘크

리트 슬래브의 수평변위에 대한 역학적 모델링 결과를 토대로 C값이 입상재료 보조기층, 안정처리된 보조기층 모두 1에 근접하고 있는 것을 보였다. 본 연구에서는 국내 콘크리트 포장의 보조기층이 린층으로 비닐막을 설치하여 마찰저항이 현저히 감소되므



로 C값을 1로 사용하였다.(Suh, 2002) 그리고 미국 Long Term Performance Pavement Seasonal Monitoring Program(LTPP SMP)의 구간에 대해 AASHTO Guide에 의한 Maximum joint opening(mm)과 Maximum in situ joint opening(mm)를 비교하여 누적 Joint Opening에 대한 95%에 해당하는 비율에 2.5의 값을 가지는 신뢰도 개념으로 줄눈폭 변화량 산정식에 접목시켜 줄눈 간격(L)을 산정하였다.(Lee,2001) 그림 2는 LTPP SMP구간에서 Maximum joint opening(mm)과 Maximum in situ joint opening(mm)비의 범위 내 지역을 누적하여 나타낸 그래프이다. 식 (2)에서 ΔL 를 0.5in로 놓고 90~95%의 신뢰도 개념을 적용하여 나온 값인 2.5를 적용한 국내 권역별 줄눈간격 잠정안은 표 4에서 제시된다. 표 4의 줄눈간격 잠정안에서 줄눈간격이 국내 콘크리트포장에 적용되어지고 있는 현행 6m 지역 외에도 7~8m 지역도 확인할 수 있다. 경부고속국도 연양-부산간 확장공사 제 3 공구 내송 - 구서간으로 이점 417+280부터 417+960까지 680m 구간의 조사에서도 줄눈간격이 8~9m인 10여개의 슬래브에서 균열이 발생하지 않았다.(홍익대학교 산업기술연구소, 2003)

4. 줄눈간격의 영향 검토

본 연구에서 산정된 줄눈간격이 포장파손에 미치는 영향을 포장거동에 대한 장기 공용성 예측 모델을 통해 검토하였다. 포장거동에 있어 장기 공용성 예측은 피로균열, 단차, 스펙링, 평탄성 지수(IRI)를 고려하였다. 장기 공용성 예측을 위한 각각의 모델은 표 5에서 정리 하였다. 각 모델 식에 의해 국내 줄눈 콘크리트 포장의 줄눈간격(6~8m)별로 공용성 평가 결과는 표 6에서 보는 바와 같으며, 줄눈간격을 증가시킬 단차와 스펙링, 평탄성 지수의 경우 0.001~0.333in, 0.2~0.6%, 5.3~11.4in/ml의 값의 증가를 보이고 있으며 가장 큰 변화폭을 보인

표 6. 줄눈간격에 따른 공용성 모델의 결과

모 델	결 과		
	6m	7m	8m
CRACKING	16.4 (%)	21.6 (%)	37.2 (%)
FAULTING	0.035 in	0.036 in	0.038 in
SPALLING	1.6 (%)	1.8(%)	2.2 (%)
IRI	81.0(in/ml)	86.3(in/ml)	92.4(in/ml)

피로균열의 경우 5.2~20.8%의 증가를 보임을 알 수 있다. 이러한 줄눈간격의 증가에 따른 각 모델별 공용성 모델의 결과는 각 파손별 기준을 모두 만족하고 있다.

5. 결론

본 연구는 줄눈 콘크리트포장에서 초기거동과 장기거동을 고려하여 적정 줄눈간격 산정 방안에 대해 연구하였다. 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 초기거동에서 통계처리되어진 국내 권역별 기후 자료를 HIPERPAV에 적용하여 무작위 균열이 발생하지 않도록 예측된 줄눈간격은 28~43m로 큰 값을 보였다. 이러한 결과값은 콘크리트 슬래브에 과도한 줄눈폭 움직임 유발하여 포장체의 조기파손의 원인이 될 수 있다. 초기거동에서 HIPERPAV를 통한 품질관리가 중요하지만, 적정 줄눈간격 설계에선 임계설계 변수가 아님을 확인하였다.
- (2) 장기거동에서 86 AASHTO Guide에서 제시한 줄눈폭 변화량 산정식에 신뢰도 개념을 도입하여 산정한 국내 권역별 줄눈간격 잠정안은 6~8m이다. 국내 줄눈간격은 획일적으로 6m로 설계하지만, 본 연구에서 산정한 권역별 줄눈간격 잠정안을 통해 지역별 기후 특색에 적합한 적정 줄눈간

격을 산정할 수 있다. 이러한 적정 줄눈간격을 통해 얻을 수 있는 기대효과는 Joint Opening과 Joint Freezing의 영향을 감소시켜 포장의 수명과 공용성의 증진을 가져올 수 있다. 그리고 적정하게 줄눈 간격이 늘어날 경우 Joint수/km가 줄어, 줄눈시공에 들어가는 공사비용과 포장의 취약부의 감소로 포장파손으로 인한 보수보강비용의 절감이 예상된다.

감사의 글

본 연구는交通部 수탁과제인 한국형포장설계법 개발과 포장성능개선 연구의 일부 성과물로 이에 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. 한국도로공사 도로설계요령, 2001
2. 윤경구, 줄눈콘크리트 포장의 줄눈손상해석 및 대책 연구, 한국도로공사, 1998
3. 이승우, 콘크리트 포장의 줄눈의 잠김에 대한 연구, 한국도로포장공학회지, 2001
4. 건설교통부, 콘크리트 포장 설계법 개발, 2003
5. 건설교통부, 콘크리트 포장 성능개선 연구 및 품질관리 기준 정립, 2003
6. Seung Woo Lee, Shelley M, Stoffels, Effects of Excessive Pavement Joint Opening and Freezing on Sealants, *Journal of Transportation Engineering*, 2003.
7. American Association of State Highway Transportation Officials, *AASHTO Guide for Design of Pavment Structures* 1986, 1986
8. Mr, J, Mauricio Ruiz, *Evaluation of Load Transfer Efficiency for SMP sections in the LTPP database*, TRB, 2003
9. Morian, D. A. and Stoffels S. M., *Evaluation of Rigid Pavement Joint Seal Movement*, *Transportation Research Board 78th Annual Meeting*, Washing-ton DC., 1999
10. Imad L. Al-Qadi, Saad Abo-Qudais, Ramzi E.Khuri, *Method to Evaluate Rigid-Pavement Joint Sealant Under Cyclic Shear and Constant Horizontal Deflection*, TRB, 1999
11. Yang H. Huang, *Pavement Analysis and Design*, Prentice Hall PTR, 1992
12. Young Chan Suh, Seung Woo Lee, Min Soo Kang, "Evaluation of Subbase Friction for Typical Korean Concrete Pavement" . *Transportation Research Record 1809*, 2002
13. 김종호, 콘크리트포장 초기거동 예측프로그램의 국내 적용성 연구, 한양대학교 대학원, 2002
14. 홍익대학교 산업기술연구소, 콘크리트포장 확장부의 현장조사 및 계측, 2003
15. *Joint-Related Distress In PCC Pavement Cause, Prevention And Rehabilitation*, TRB, 1979
16. JOHN W. BUGLER, *Design, Construction, and Maintenance of PCC Pavement Joint*, TRB, 1995
17. Federal Highway Administration, *Improved Prediction Models for PCC Pavement Performance-Related Specifications*, Volume I :Final Report, 2000

〈접수 : 2005. 6. 20〉