

모형실험에 의한 강성포장체 가로줄눈에 다우웰바가 미치는 영향

Effect of Dowel Bar on the transverse joint at the cement concrete pavement by model test

배 주 성* 고 영 주** 김 평 수***
Bae, Ju Seong Ko, Young Ju Kim, Pyoung Soo

Abstract

The use of concrete pavements is increasing by virtue of durability and excellent load resisting capacity. But cracks and damage in concrete pavements may be occurred by continuous recidic load, as time goes by. Therefore, transverse contraction joints are constructed in concrete pavements to relieve tensile stresses, and when properly spaced they control the location of transverse cracks

1. 서론

현재 국내 줄눈 콘크리트 포장(JCP)의 파손형태 및 원인에 관한 최근의 연구조사에 의하면 줄눈재 파손(joint seal damage) 48%, 스폴링(spalling) 22%, 팻칭부 파손(patching deterioration) 15%, 가로균열(transverse crack) 6%, 모서리 파손(corner break) 5%로 나타나 줄눈부에 대한 설계, 시공 유지관리가 매우 중요한 것으로 분석되고 있다. 시멘트 콘크리트 포장에 설치하는 가로줄눈은 콘크리트 슬래브의 체적변화로 야기되는 균열을 유도하기 위하여 설치하나 이러한 가로줄눈은 콘크리트 슬래브를 구조적으로 취약하게 하므로 다우웰바를 설치하여 가로줄눈을 보강하게 된다. 그러나 가로줄눈에 다우웰바를 설치하여도 가로줄눈 설치 전보다는 하중전달능력은 감소하게 된다. 따라서 합리적인 줄눈 콘크리트 포장 설계를 위해서는 다우웰바를 효과적으로 설치하여 다우웰바가 줄눈부에 어떠한 영향을 미치는지 규명하기 위한 실험 및 이론적인 연구가 수행되어야 한다.

본 연구에서는 실물포장체(prototype)를 상사이론에 의하여 1/10로 축소한 모형(model)을 제작하였고 하중을 단계별로 증가시켰을 때 슬래브의 응력, 처짐 과 다웰바의 응력을 측정하였다.

2. 모형실험

2.1 모형시험체의 사상

*정회원, 전북대학교 토목환경공학부 교수

**정회원, 전북대학교 공업기술연구소

***전북대학교 토목공학과 대학원

실물포장체를 상사하기 위하여 그림 1과 같이 실물과 모형 콘크리트의 응력-변형률 곡선이 일치하는 배합비를 선정하고 실제 포장에서 사용하는 인장응력 SD30이상인 다우웰바를 상사하기 위하여 2.5, 3.0, 4.0mm인 강봉을 사용하여 그림 2와 같이 1/10축소모형을 제작하였다.

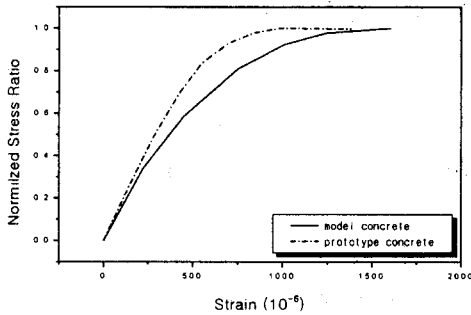


그림 1 모형 및 원형 콘크리트의 응력-변형률 곡선

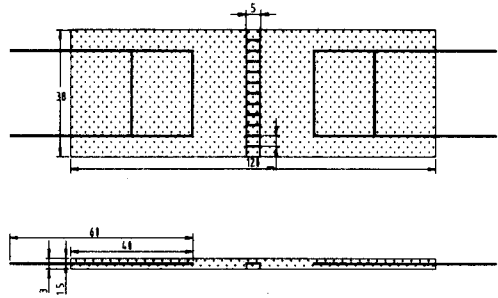


그림 2 모형시험체의 제원

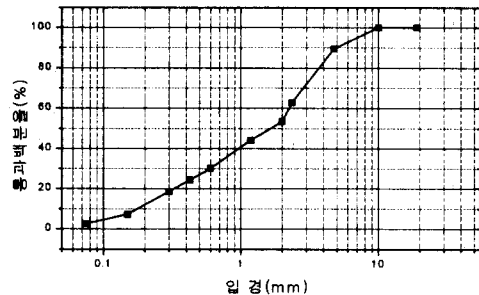
2.2 지반조건의 모사

시멘트 콘크리트 포장 하부에 위치하는 노상 및 보조기층을 모사하기 위하여 30cm의 base box를 제작하여 노상 및 보조기층을 소형 램머로 층 다짐을 실시하였다. 실험에 사용한 노상의 물리적 성질 및 시험결과는 표 1과 같다. 콘크리트 포장 슬래브의 바로 하부에 위치하는 보조기층의 다짐도와 지지력을 확보하기 위해서는 보조기층의 입도 관리가 중요하다. 따라서 그림 3과 같이 모형보조기층의 입도 분포를 조정하였고 실내CBR실험을 통하여 지지력을 확보하였다.

표 1 노상의 물리적 성질 및 시험결과

비중	2.667	소성지수 (PI)	11.8	돌밀도 (γ_d)	2.024 (g/cm^3)
액성한계 (LL)	29.6%	최대건조밀도 (γ_{dmax})	2.03 (g/cm^3)	다짐도	99.7%
소성한계 (PL)	17.8%	최적함수비 (O.M.C)	9.8%	고속도로 기준치	다짐도 95%이상

그림 3 모형 보조기층의 입도 곡선



2.3 하중의 상사

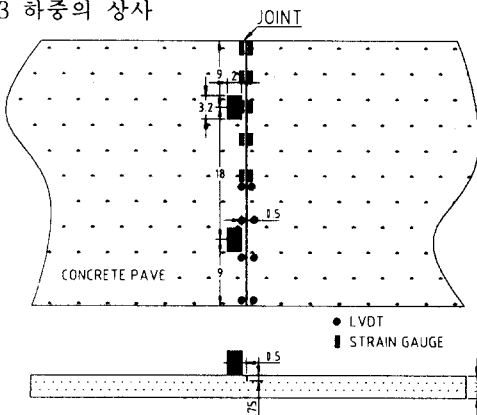


그림 4 하중 재하위치 및 측정점

현재 고속도로 포장설계시 적용하는 하중의 크기는 AASHTO의 등가단축하중인 18kips를 기준으로 하고 있다. 바퀴사이의 거리는 6ft이고, 타이어의 접지압은 90psi이므로 본 연구에서 상사율에 따라 적용한 바퀴 하중의 크기는 표 2와 같고 하중의 재하위치 및 측정점은 그림 4와 같다.

표 2 실물포장체와 모형시험체의 하중의 크기

구분	실물 포장체	1/10축소 모형시험체
하중의 크기	8.2t단축하중(18kips)	82kg단축하중(0.18kips)
재하면적	1300cm ² (200in ²)	13cm ² (2in ²)
압력하중	6.3kg/cm ² (90psi)	6.3kg/cm ² (90psi)

3. 모형콘크리트 포장체의 실험결과

3.1 슬래브의 처짐 및 하중전달율

직경이 2.5, 4.0mm인 다우웰바가 설치된 슬래브의 하중 80kg에서 재하측 처짐과 비재하측 처짐을 측정한 결과 표 3과 같이 줄눈부의 처짐분포와 하중전달율은 재하측에서 처짐이 크게 발생하였고 2.5mm보다 4.0mm에서 처짐은 작게 발생하였으며 하중전달율은 높게 나타났다.

표 3 슬래브의 처짐 및 하중전달율(하중 80kg)

위치 (cm)	2.5mm			4.0mm		
	D_L (mm)*	D_{UL} (mm)**	하중 전달율(%)	D_L (mm)	D_{UL} (mm)	하중 전달율(%)
0	0.7010	0.6034	86.08	0.5170	0.4713	91.16
4.5	0.6879	0.5668	82.40	0.4904	0.4208	85.81
13.5	0.6223	0.4810	77.29	0.4337	0.3684	84.94
18.0	0.5249	0.3797	72.33	0.3357	0.2799	83.37

D_L : 재하측 슬래브의 처짐 D_{UL} : 비재하측 슬래브의 처짐

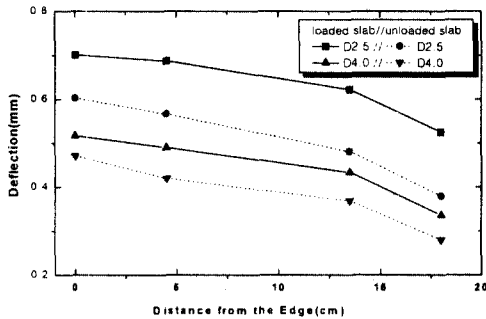


그림 5 슬래브 줄눈부의 처짐분포(하중 80kg)

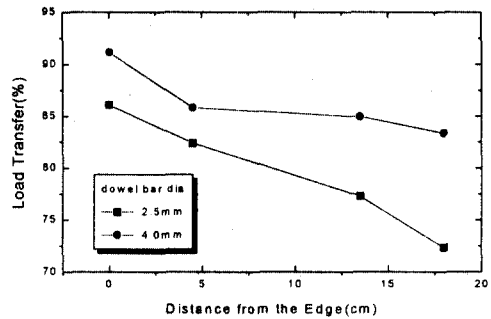


그림 6 다웰바 직경별 하중전달율

3.2 슬래브의 응력 및 하중전달율

슬래브 표면에서 측정된 변형률에 모형콘크리트의 탄성계수 $264,102\text{kg/cm}^2$ 을 적용하여 응력을 산출한 결과 표 4와 같이 줄눈부의 응력분포와 하중전달율은 다우웰바 직경이 클수록 하중전달 능력이 높게 나타났고 하중이 재하된 위치에서 최대값이 발생하였으며 중앙에서 하중전달율이 가장 크게 나타났다.

표 4 슬래브 응력 및 하중전달율(하중 80kg 단위: kg/cm^2)

위치	2.5mm			3.0mm			4.0mm		
	S_L *	S_{UL} **	하중전 달율(%)	S_L	S_{UL}	하중전 달율(%)	S_L	S_{UL}	하중전 달율(%)
0	4.490	-	-	3.697	2.641	71.43	-	3.697	-
4.5	-5.546	-3.433	61.90	-4.226	-2.641	62.49	-3.691	-2.641	66.68
9.0	-10.564	-6.867	65.00	-13.469	-9.772	72.55	-13.997	-10.564	75.47
13.5	-9.507	-7.131	75.00	-1.086	-7.659	76.32	-8.979	-7.131	79.42
18.0	3.169	2.377	75.00	5.546	4.226	76.20	5.282	4.226	80.00

S_L : 재하측 슬래브의 응력 S_{UL} : 비재하측 슬래브의 응력

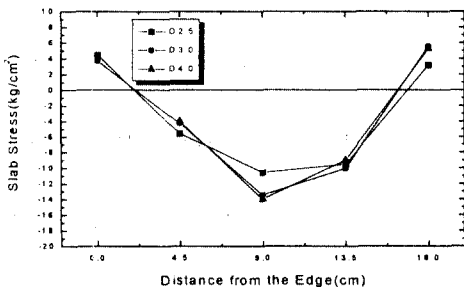


그림 7 슬래브 줄눈부의 응력분포(하중 80kg)

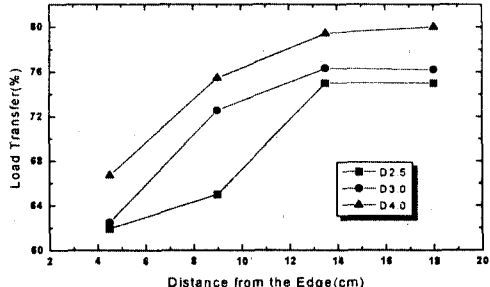


그림 8 다우웰바 직경별 하중전달율

3.3 다우웰바의 인장응력

하중 80kg에서 다우웰바의 응력은 표 5와 같이 하중작용점 부근의 다우웰바의 응력이 약간 크게 나타나고 있으며 다우웰바 직경이 증가함에 따라 전반적으로 응력이 감소하였다. 줄눈부에서 다우웰바의 변형은 콘크리트의 변형과 밀접한 관계가 있으므로 다우웰바의 응력 분포를 이해하는 것은 다우웰바의 배치 간격을 설계할 때 가치있는 자료를 제공할 수 있으리라 판단된다.

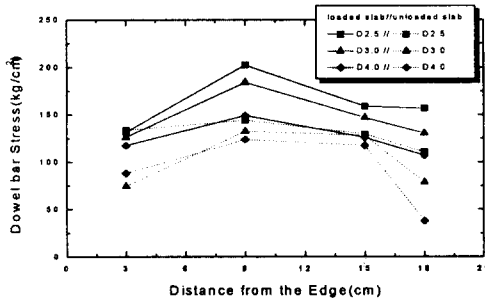


그림 10 다우웰바의 응력분포(하중 80kg)

표 5 다우웰바 인장응력 분포(하중 80kg단위:kg/cm²)

위치 (cm)	2.5mm			3.0mm			4.0mm		
	S _{DL} *	S _{DUL} **	S _{Davg} ***	S _{DL}	S _{DUL}	S _{Davg}	S _{DL}	S _{DUL}	S _{Davg}
3	131.7	133.8	132.7	126.3	74.5	100.4	117.6	88.2	102.9
9	202.7	144.2	173.5	184.2	132.5	158.4	149.1	123.9	136.5
15	158.8	129.6	144.2	147.0	128.3	137.7	126.0	117.6	121.8
18	156.7	110.8	133.8	130.4	78.7	104.6	107.1	37.8	72.5

S_{DL}*: 재하측 다우웰바의 응력 S_{DUL}** : 비재하측 다우웰바의 응력

S_{Davg}*** : 다우웰바의 평균응력

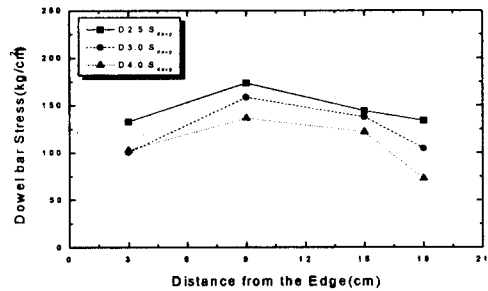


그림 11 다웰바의 평균응력분포 (하중 80kg)

4. 결론

본 모형실험에서 다우웰바 직경이 2.5mm에서 4.0mm로 증가할 때 슬래브의 최대처짐은 37%가 감소하였다. 또한 줄눈부의 위치별 하중전달율은 2.5mm다우웰바 슬래브의 경우 72.33~86.08%, 4.0mm다우웰바 슬래브는 83.37~91.16%로 나타났다. 따라서 본 모형실험의 구조조건에서는 2.5mm다우웰바 슬래브에 비해 4.0mm다우웰바 슬래브가 줄눈부의 하중전달효율이 증가하는 것을 알 수 있다.

또한 슬래브와 다우웰바의 응력분포에서 최대값이 발생하는 위치가 하중작용점인 것으로 보아 다우웰바의 변형과 슬래브의 변형은 밀접한 관계가 있는 것으로 판단되며 본 연구는 이러한 관계를 규명하기 위한 중요한 자료가 될 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. Friberg, B. F., "Design of Dowels in Transverse Joints of Concrete Pavements" ASCE, 1938, pp1809~1828
2. Kushing, J. W. and Fremont, W. O., "Design of Loda Transfer Joints in Concrete Pavements" HRB, Proc., Vol 20, 1940, pp.28~55
3. Marcus, H., "Load carrying Capacity of Dowels at Transverse Pavement Joints" Proc., ACI, Vol 48, 1951, pp.169~184
4. The Bureau of Public Roads, "Performance of Doweled Joints under Repetitive Loading" Public Roads, Vol.30.