

FWD를 이용한 줄눈콘크리트포장 컬링지표 연구

A Study on Curling Index of JCP using FWD

유태석* · 이재훈**1)

Yoo, Tae Seok* · Lee, Jae Hoon**

1. 서론

콘크리트 포장의 구조적인 상태를 평가하기 위해서는 대상 구조를 컬링이 없는 상태에서 측정하거나 컬링이 없는 상태로 변환하여야 한다. 컬링이 없는 상태로의 변환을 위해서는 컬링의 정도를 나타내는 지표를 이용하여야 하며 본 연구에서는 컬링지표로 슬래브 중앙과 줄눈의 최대 처짐 비율로 정하고 상관성을 분석하였다. Zaghoul(Zaghoul의 2005)는 컬링의 보정을 위해서 중앙과 줄눈의 처짐 비율을 사용한 바가 있으며 간편한 사용방법을 제시하였으나 제시된 식의 유도과정에 사용된 단면 및 검증에 대한 정보가 부족하여 본 연구를 통해 우리나라 콘크리트포장 단면에 적용하여 상관성을 분석하기로 하였다. 즉, 유도된 식이 시험을 통해 얻은 데이터의 회귀식인 만큼 단면두께, 단면구성 및 슬래브의 형상이 다르면 다른 결과가 도출될 가능성이 있고 우리나라 고속도로 콘크리트포장이 비교적 표준화된 단면을 사용하고 있기 때문에 컬링지표에 대한 검토를 통해 실용적인 자료를 얻을 수 있을 것으로 판단하였다.

2. 컬링지표의 거동특성

컬링의 지표를 구하기 위해서 FWD를 사용하였고 시험구간은 중부내륙고속도로에 위치한 시험도로의 J4-0, J5-0 및 J6-0단면을 대상으로 하였다. 본 구간의 포장 슬래브의 두께는 30cm이고 린콘크리트 기층의 두께는 J4-0은 12cm, J5-0은 15cm, J6-0은 18cm를 설계두께로 사용하고 있으며 동상방지층은 생략되어 린 콘크리트 기층 아래에 노상이 위치하고 있다.

컬링의 지표는 FWD를 사용하여 얻은 슬래브 줄눈 처짐을 슬래브 중앙 처짐으로 나누어 얻은 비율을 사용하였다. 콘크리트 슬래브의 모든 면이 지반과 접촉을 하는 조건에서 중앙에 하중이 가해지는 경우 얻어지는 중앙 처짐은 줄눈에 하중이 가해지는 경우 얻어지는 줄눈 처짐에 비해서 작게 된다. 낮 시간에 하향컬링이 발생하는 경우 슬래브의 중앙은 지반과의 접촉 압이 작아지고 줄눈은 접촉 압이 커지게 되는데 이 경우 중앙 처짐과 줄눈 처짐의 차이는 컬링의 정도가 클수록 작아진다. 이때 컬링의 정도는 중앙에서 처짐량 변화로 나타낼 수 있으며 컬링이 없는 시간의 처짐으로 컬링이 발생한 시간의 처짐을 나누어 얻어진 비율로 정량화 할 수 있다. 본 연구에서는 컬링 지표의 변화에 따라 컬링의 정도가 어떻게 변화하는지 조사하고 컬링을 보정할 수 있는 상관성을 가지고 있는지를 검토하는데 목적을 두고 진행하였다. 슬래브 줄눈 처짐은 줄눈의 중앙과 바퀴통과 지점(이하:wheelpath)에서 구하였고 각각의 처짐을 중앙 처짐으로 나누어 구한 비율은 그림 1 및 그림 2와 같이 시간에 따라 변화하게 된다. 또한 컬링의 정도인 임의 시간 중앙 처짐을 기준시간 중앙 처짐으로 나눈 비율도 시간에 따라 변화하며 그림 3과 같이 나타내어진다. 본 연구는 포장 하부의 단면구성 및 타설 시간의 변화에 따른 영향을 고려할 수 있는 구간에서 시험을 수행하였고 그림에서 M은 아침에 타설한 것으로 추정되는 구간을 N은 점심에 타설한 것으로 추정되는 구간을 A는 저녁에 타설한 것으로 추정되는 구간을 의미한다. 기호 뒤에 붙는 숫자는 단면별 슬래브의 번호를 의미하며 구간별로 3개의 슬래브를 시험하였다.

* 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 전임연구원 · E-mail : taeseok@freeway.co.kr

** 정희원 · 한국도로공사 도로교통기술원 포장연구그룹 연구원 · E-mail : ranian74@freeway.co.kr

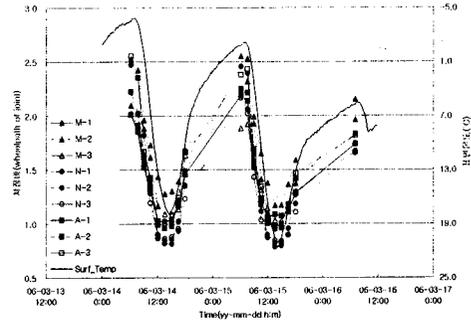
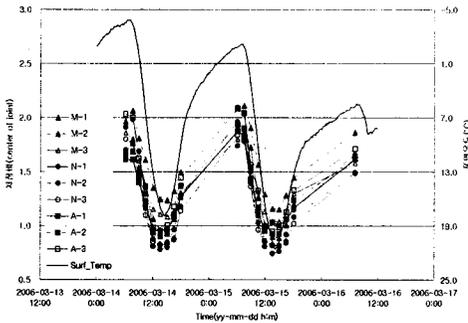


그림 1. 줄눈 중앙 처짐에 대한 처짐비 변화 그림 2. 줄눈 wheelpath 처짐에 대한 처짐비 변화

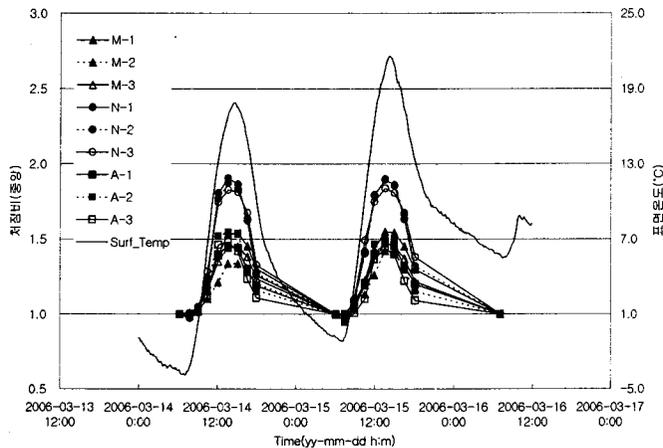


그림 3. 중앙 처짐비의 변화

그림 1 및 2에서 줄눈 중앙의 처짐 비는 구간에 따라 2를 상회하는 정도까지 올라가는 반면 줄눈 wheelpath의 처짐 비는 코너부에 가깝기 때문에 2.5이상 올라가는 것으로 나타났다. 그림 3에서 슬래브 중앙부 처짐비는 점심에 타설한 것으로 추정되는 슬래브에서 가장 큰 변화를 나타내었다. 그림에서 처짐 비 1이 나타나는 시간은 켈링이 없는 것으로 추정되는 기준시간으로 그림같이 하루에 1번 나타나며 이때의 처짐은 나머지 처짐을 정량화 하는데 사용된다.

3. 켈링지표와 켈링정도의 연관성 검토

시간별 켈링지표와 켈링정도를 연관시킨 결과는 그림 4와 같다. 그림은 임의시간 줄눈 중앙 처짐 혹은 임의시간 줄눈 wheelpath 처짐을 임의시간 중앙 처짐으로 나누어 얻어진 처짐 비를 임의시간 중앙 처짐을 기준시간 중앙 처짐으로 나누어 얻어진 처짐 비와 동일 시간에 대해서 대응시킨 것으로 2006년 3월에 측정된 결과에 대하여 비교한 것이다. 그림에서와 같이 두 비는 반비례의 관계를 가지고 있었고 6차 곡선을 사용한 경우 상관계수가 각각 0.95를 넘어서 비교적 좋은 상관성을 가지고 있는 것으로 판단되었다.

그림 4의 곡선은 켈링이 발생된 포장에 적용될 수 있으며 측정된 시간의 줄눈 처짐을 비슷한 시간에 측정된 시간의 중앙 처짐으로 나누어 켈링지표를 구하고 이것을 그림 4의 회귀 식에 넣으면 켈링 정도가 얻어지게 된다. 켈링정도는 측정시간 중앙 처짐을 기준시간 중앙 처짐으로 나눈 것으로 측정시간 중앙 처짐을 켈링 정도로 나누면 해당 지점의 기준시간 처짐을 추정할 수 있게 된다.

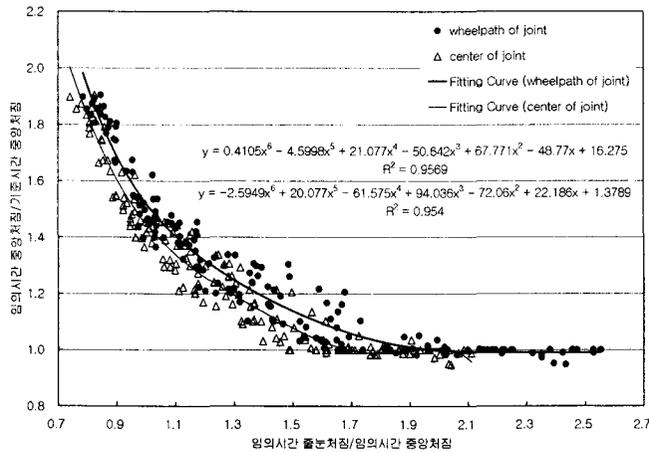


그림 4. 켈링지표와 켈링정도의 연관곡선

4. 켈링지표를 이용한 포장의 평가

기준시간으로의 치짐 변환은 위치별 치짐 센서에 모두 적용할 수 있으며 포장의 역산에 사용될 수 있다. 본 연구에서는 변환된 치짐을 AREA법에 적용하여 동적지지력을 구하였으나 통계적으로 얻어지는 곡선이기 때문에 실제와 다른 결과를 얻는 경우가 발생하였다. 따라서 최대 치짐에 대한 변환곡선을 다른 치짐에도 적용하였고 비교적 합리적인 결과를 얻는 것으로 판단되었다(유태석 외 2006).

그림 5는 줄눈의 wheelpath 치짐 비를 이용하여 보정한 동적지지력을 보정 전 동적지지력과 비교한 것이고 그림 6은 줄눈의 중앙 치짐 비를 이용하여 보정한 동적지지력을 보정 전 동적 지지력과 비교한 것으로 두 방법을 통해 얻는 보정 효과는 비슷한 것으로 나타났다. 이때 동적지지력 비는 실측 최대 동적지지력으로 보정 전 및 보정 후 시간별 동적지지력을 나누어 얻은 비율을 의미한다.

본 연구는 고속도로의 단면에 대해서 얻어진 결과로 향후 상관곡선의 검토를 위한 시험이 필요하고 다양한 표층 단면과 기층 재료에 대하여 시험을 확장하고 결과를 분석하여 좀 더 합리적인 켈링보정 방안을 도출하여야 할 것으로 판단되었다.

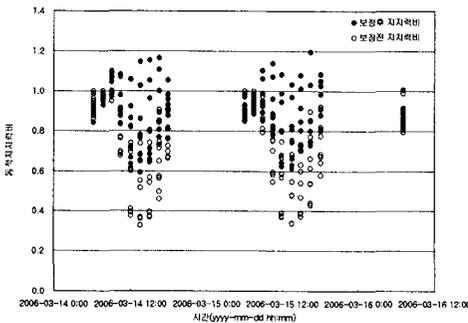


그림 5. 줄눈의 wheelpath 치짐비를 이용하여 구한 동적지지력 보정효과

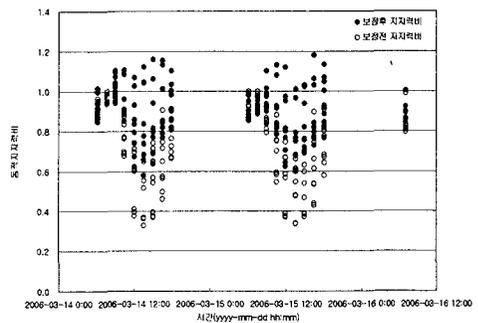


그림 6. 줄눈의 중앙 치짐비를 이용하여 구한 동적지지력 보정효과



5. 결론 및 향후과제

온도구배로 인해 컬링이 발생한 콘크리트포장을 조사하였고 컬링지표를 도출하여 컬링정도와 상관성을 분석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 임의 시간 줄눈 처짐과 기준 시간 중앙 처짐이 이루는 비율을 컬링 지표로 하고 임의 시간 줄눈 처짐과 기준 시간 줄눈 처짐이 이루는 비율을 컬링 정도로 하는 경우 둘 사이에는 비교적 높은 상관성을 보였으며 컬링보정을 통해 기준시간으로의 처짐 변환을 하는데 사용할 수 있는 것으로 판단되었다.
- 2) 줄눈의 중앙과 wheelpath에서 처짐을 구하고 컬링 지표를 얻어 컬링 정도와의 상관곡선을 도출할 수 있었다. 줄눈의 중앙과 wheelpath 처짐을 이용한 상관곡선을 통해 보정된 처짐을 이용하여 각각 역산된 동적지지력은 비슷한 결과를 나타내는 것으로 판단되었다.
- 3) 본 연구는 줄눈콘크리트포장에 발생하는 컬링의 보정을 위한 방법을 도출하기 위하여 수행한 것으로 향후 다양한 단면 및 기층재료에 대하여 상관곡선을 검토하고 수정하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부의 국책과제인 “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구”의 일부 결과로서, 본 연구가 성공적으로 수행되도록 지원하여 준 건설교통부에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) Zaghoul, S., Marukic, I. and Vitillo, N.(2005), Impact of Slab Curling on Backcalculation Analysis, 8th International Conference on Concrete Pavements, pp.995~1011.
- 2) 유태석, 이재훈(2006), FWD를 이용한 줄눈콘크리트포장 컬링거동 보정방법의 타당성 연구, 한국도로학회 논문집 경제예정, 제8권 제3호, pp.23~30.