

아스팔트 콘크리트 포장체 하부의 함수비 계측을 통한 현장 함수비 분포 특성 연구

A Study on the Moisture Content Distribution Characteristics of Road Pavement Soil Layer Using Field Measurement System

김홍만* · 조명환** · 진정훈*** · 심재필****

Kim, Hong man · Cho, Myung-hwan · Jin, Jung hoon · Shim, Jae-pill

1. 서 론

아스팔트 콘크리트 포장의 하부구조는 보조기층, 동상방지층 및 노상층으로 구성되어 있으며, 노상층의 경우 겨울철을 지나 봄이 되면 동상효과(frost heaving effects)에 따른 포장 파손과 여름철 장마기간동안의 수분 침투로 인한 지지력 감소가 발생하게 된다. 이러한 동상효과나 지지력 감소는 포장 하부 특히 노상토의 함수비 변화와 관련이 깊지만 아직 국내의 경우 포장체 하부의 함수비 변화에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한반도 남부지역(동결지수 350℃·일 미만)에 대하여 아스팔트 콘크리트 포장체의 함수비 계측시스템을 구축하고 2008년 12월부터 지속적인 현장계측결과 및 분석 작업을 수행하였다.

2. 아스팔트 콘크리트 포장의 현장계측시스템

현장의 아스팔트 콘크리트 포장체 내부의 함수비 특성을 계측하기 위하여 그림 1과 같이 한반도 남부지역(동결지수 350℃·일 미만)의 6개소에 대하여 현장계측시스템을 구축하였으며, 도로의 층별 함수비 분포를 2009년 1월 이후 지속적으로 측정하고 있다. 구축된 함수비 계측 시스템은 미국 Campbell사에서 제작한 TDR 방식의 함수센서인 CS616이 사용되었으며, 포장 하부 구조인 보조기층, 동상방지층 및 노상층의 층상부에 매설하였다. 각 층의 함수비 계측주기는 1시간으로 1일 24회 체적함수비를 계측하고 있다.

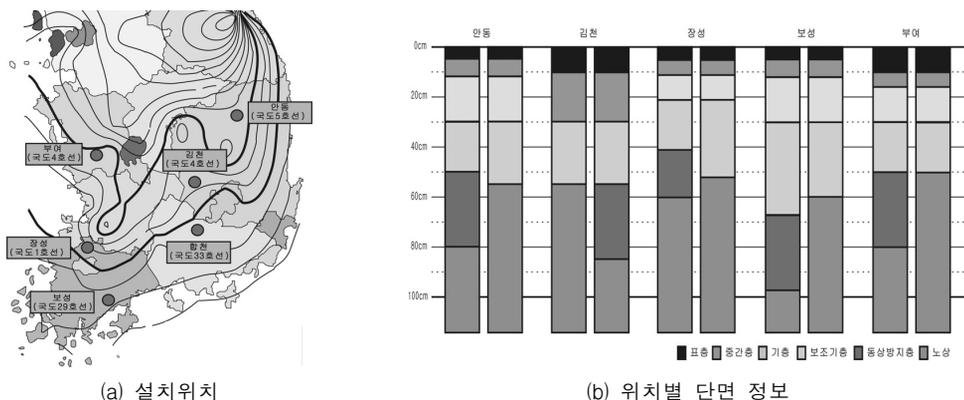
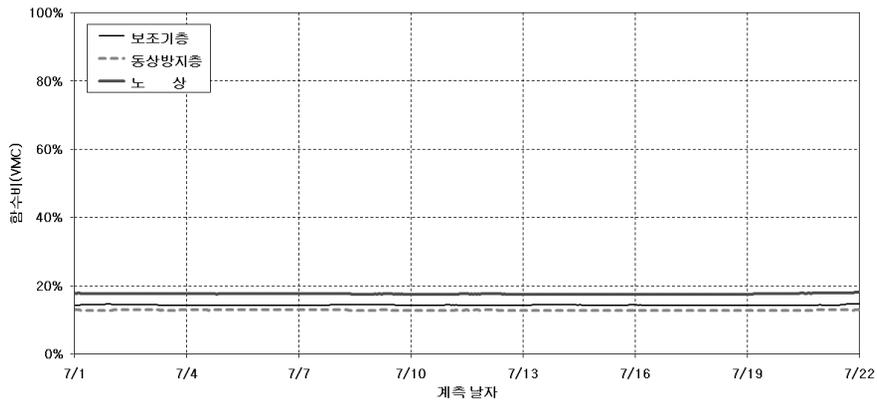


그림 1. 현장계측시스템 구축현황

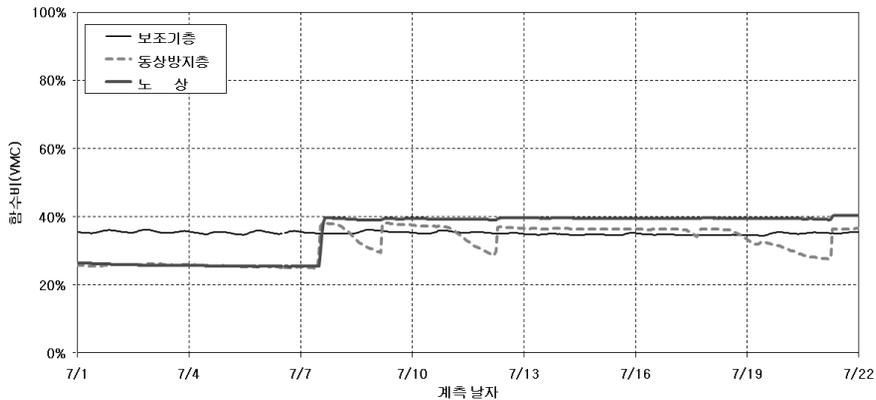
- * 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 원장 · 공학사(E-mail : hmkim42@hanmail.net)
- ** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 선임연구원 · 공학박사(E-mail : dragonjo@dohwa.co.kr) - 발표자
- *** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 수석연구원 · 공학박사(E-mail : Jinrino@dohwa.co.kr)
- **** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 연구원 · 공학석사(E-mail : simjp@dohwa.co.kr)

3. 아스팔트 콘크리트 포장의 함수비 계측 결과

기상청(2009)의 6월 기상월보 따르면 2009년 한반도 남부지방의 경우 6월 21일~22일에 장마전선의 영향을 받았으며, 28일~29일에 장마전선의 영향권에 들어간 것으로 보고하였으며, 7월 기상월보에 따르면 7월 15일~18일, 24일~30일 사이에 중부와 남부지역에 비가 많이 온 것으로 나타났다. 따라서 그림 2에 2009년 7월의 현장 함수비 계측결과를 7월 중순을 기점으로 계측날자와 체적함수비(Volumetric Moisture Content, VMC) 그래프로 나타내었다. 그림 2(a)는 김천 현장 계측 결과를 나타낸 것으로 장마기간 동안 하부층의 함수비 변화가 거의 없는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 아스팔트 콘크리트 포장이 불투수층이기 때문에 아스팔트 콘크리트 층을 통한 수분의 유입이 없기 때문에 하부층에서 함수비 변화가 크지 않은 것으로 사료된다. 그림 2(b)는 부여 현장 계측 결과를 나타낸 것이다. 부여 현장계측시스템으로부터 얻어진 계측결과는 김천 현장 계측결과와 달리 노상층과 동상방지층의 함수비가 강우의 영향을 받아 변동하는 형태를 보여주고 있으며, 함수비 변동 폭은 체적 함수비로 약 20~25%인 것으로 나타났다. 이러한 지역적 차이는 현장 함수비 계측시스템이 구축되어진 지역, 토질 구성, 포장 단면등의 영향일 수 있으며 추후 이에 대한 조사를 통하여 규명하는 연구를 수행할 계획이다. 그리고 겨울철에는 동결현상에 따라서 하부층의 함수비가 감소되며, 봄철에는 해빙에 따른 함수비가 증가하는 것으로 알려져 있지만(Benson et al, 1998) 본 연구에서는 2009년 1월~2009년 7월까지 계측결과이며, 시공시기와 지역적 특성 때문에 계측기간 동안 동결융해 현상은 관측하지 못하였다.

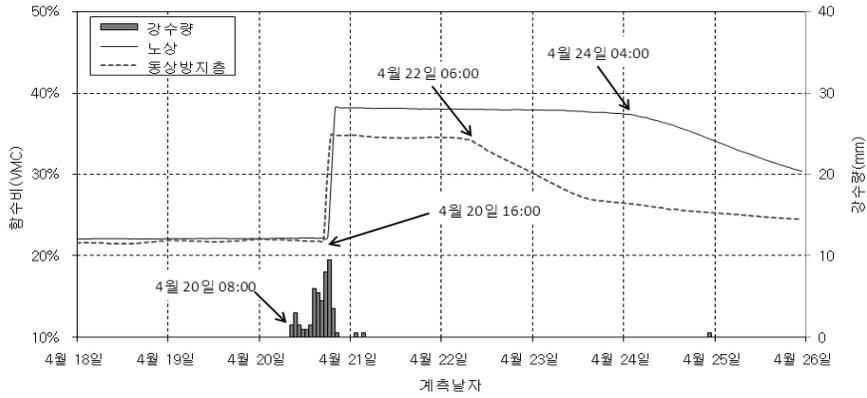


(a) 김천 현장계측시스템

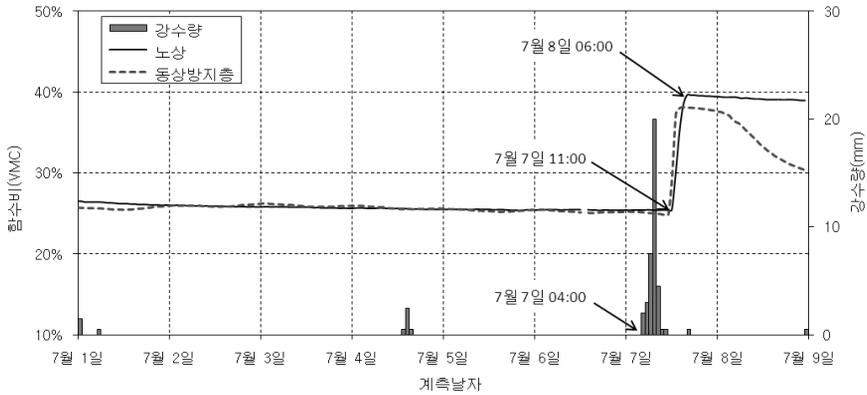


(b) 부여 현장계측시스템

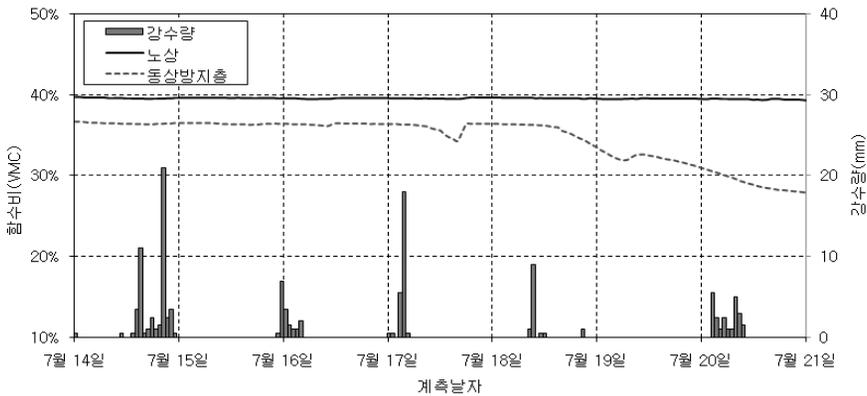
그림 2. 김천 및 부여 현장 함수비 계측결과



(a) 4월 4주 계측 결과



(b) 7월 1주 계측결과



(c) 7월 3주 계측결과

그림 3. 부여 현장 함수비와 강수량 그래프

그림 3에 부여 현장 계측시스템으로부터 계측된 체적함수비와 기상청에서 계측된 강수량을 시간별 그래프로 나타내었다. 부여 현장 계측시스템의 경우 그림 2(b)에서 살펴본 바와 같이 강우의 영향을 노상층과 동상방지층이 받아서 함수비 변동이 발생하는 구간으로 시간별 함수비와 강수량을 나타낸 그림 3(a)와 그림 3(b)를 살펴보면 노상층이나 동상방지층의 경우 강우의 영향을 받는 시간차는 1시간~2시간 내외인 것으로 나타

났다. 그리고 단기 강우(1일 이내시간~경우 강우가 시작된 후 6시간~16시간이 지나면 노상층이나 동상방지층에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이때 강우의 지속시간과 강우강도에 대한 노상층 및 동상방지층의 영향을 분석해 보면 지속시간보다 강우강도에 대한 영향이 크며, 강우에 의하여 증가한 함수비가 비강우시의 함수비로 되돌아가는 안정화 순서는 동상방지층이 먼저 안정화되고, 노상층은 동상방지층보다 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 특히 지속적인 강우가 이루어진 우강도에 동부터 훑내시간~경까지의 함수비로 되나타낸 그림 3(c)를 살펴보면 동상방지층의 경우 지속적인 강우에 따라 높은 함수비를 보여주지만 7월 17일 이후 강우강도와 지속시간이 감소하면서 함수비가 점진적으로 감소하는 경향을 보여주고 있지만 노상층의 경우 그림 3(a)와 3(b)에서 살펴본바와 같이 강우에 대하여 동상방지층보다는 민감도가 떨어지는 경향을 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구에서 한반도 남부지역(동결지수 $350^{\circ}\text{C}\cdot\text{일}$ 미만)에 대하여 아스팔트 콘크리트 포장체의 함수비 계측 시스템을 구축하였으며, 7개월간의 제한적인 계측자료로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현장계측결과 김천 현장계측시스템에서는 강우에 따른 함수비 변동이 거의없는 것으로 나타났지만, 부여 현장계측시스템의 경우는 노상층과 동상방지층의 함수비가 변화하는 형태를 보여주고 있으며, 함수비 변동 폭은 체적 함수비로 약 20~25%인 것으로 나타났다.
2. 부여 현장계측시스템의 경우 강우의 지속시간과 강우강도에 대한 노상층 및 동상방지층의 영향을 분석 결과 강우지속시간보다 강우강도의 영향이 크며, 강우에 의하여 증가한 함수비가 비강우시의 함수비로 되돌아가는 안정화 순서는 동상방지층이 먼저 안정화되고 노상층은 동상방지층보다 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났다.

그러나 본 연구에서 활용한 현장의 함수비계측 자료는 7개월이라는 짧은 기간의 자료라는 한계를 갖고 있다. 따라서 추후 지속적인 온도 계측과 분석을 통하여 보다 정확한 아스팔트 콘크리트 포장체의 함수비 분포에 관련된 연구를 수행할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설교통R&D 정책 인프라사업의 일환인 “남부지역 도로의 포장구조체 현장계측 시스템 구축 및 계측결과 분석(08-기술혁신-C01)” 연구결과의 일부입니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고 문헌

1. Benson, C.H, Bosscher, P.J., Jong, D., Predicting the Effects of Freezing and Thawing on Pavement Support, Report No. WI/SPR-02-98, Wisconsin Department of Transportation.
2. 기상청, 기상월보, 2009. 6
3. 기상청, 기상월보, 2009. 7