



콘크리트 포장의 슬래브-기층 종류별 마찰력 연구

A Study on Friction between Slab and Different Types of Base of Concrete Pavement

박문길*	박상구**	김인수***	남영국****	정진훈*****
Park, Moon Gil	Park, Sang Gu	Kim, In Soo	Nam, Young Kug	Jeong, Jin Hoon

1. 서론

현재 국내 고속국도 포장의 대부분을 차지하고 있는 쥘눈콘크리트 포장(Jointed Concrete Pavement, JCP)의 경우 콘크리트 슬래브와 기층간의 초기 건조수축으로 인한 파손을 방지하기 위하여 분리막(Polyethylene film)을 설치하여 마찰력을 감소시키고 있다. 이러한 층간 마찰력은 시공초기 건조수축 뿐만 아니라 수화열의 하강 및 대기온도 상승으로 인한 슬래브의 거동을 방해하여 콘크리트 포장체 내부의 인장응력을 발생시켜 포장에 사용된 콘크리트의 인장강도를 넘어설 때 균열 및 파손을 유발시킨다.

따라서 본 연구에서는 현장에 실제 콘크리트 포장체를 모사한 다양한 종류의 기층과 슬래브를 시공한 후 마찰력 실험(Push-off Test)을 실시하여 각 기층별 콘크리트 슬래브의 마찰계수를 정량화 하고 분리막 시공 유무에 따른 효율성 및 마찰계수를 분석하여 포장설계 시 국내 도로 포장 환경에 적합한 입력변수를 제시하고자 한다.

2. 마찰력 이론

마찰력이란 접촉하고 있는 두 물체가 상대 운동을 하려고 하거나 상대 운동을 하고 있을 때, 그 운동을 저지하는 방향으로 작용하는 저항력으로 접촉 면적과 거의 관계가 없고 접촉하는 물질의 종류와 관계가 있다. 따라서 본 연구에서는 국내외에서 기층으로 시공되는 린 콘크리트, 아스팔트, 쇄석기층을 사용하여 다양한 조건하에서의 마찰력을 측정하였다.

마찰력의 크기는 물체가 면을 수직으로 미는 힘의 크기에 비례해서 커지는데, 그 비례상수는 두 물체의 접촉면의 상태와 운동상태 혹은 정지상태에 있는가에 의해 결정되며 접촉면의 크기나 물체의 빠르기에는 거의 영향을 받지 않는다. 이러한 비례상수를 마찰계수(식 1)라 하는데 운동마찰계수와 정지마찰계수로 구별하며, 전자의 값은 후자의 값보다 작다(KPRP, 2002).

$$\mu = F / N = \text{Constant} \quad (1)$$

여기서, μ : 마찰계수 F : 마찰력 N : 미끄러지려는 물체의 무게

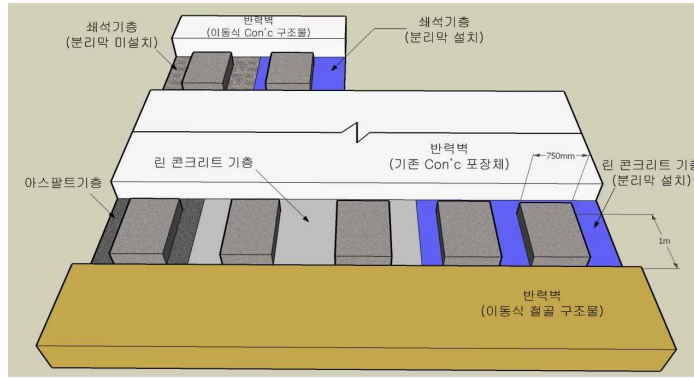
* 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 · 032-873-5332 (E-mail : pmg1979@gmail.com)
 ** 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 · 032-873-5332 (E-mail : angellive3@naver.com)
 *** (주)한맥기술 도로연구부 과장 · 공학석사 · 02-2141-7102 (E-mail : neosoo@naver.com)
 **** 정회원 · (주)한맥기술 연구원장 · 공학박사 · 02-2141-7102 (E-mail : yknam@incheon.ac.kr)
 ***** 정회원 · 인하대학교 토목공학과 조교수 · 공학박사 · 032-860-7574 (E-mail : jhj@inha.ac.kr)

3. 마찰력 실험(Push-off Test)

마찰력 실험은 각각 다른 종류의 기층위에 콘크리트 슬래브를 모사하는 시편을 제작하여 슬래브의 거동을 모사하기 위하여 일정한 속도의 수평하중을 재하한 후 발생하는 수평변위를 측정하여 마찰계수를 산출하였다.

3.1 실험 개요

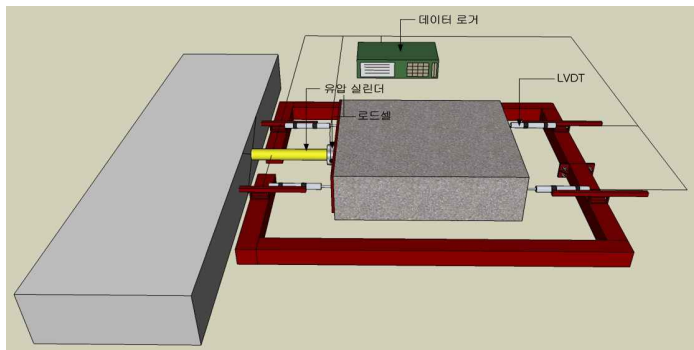
기층은 <그림 1>과 같이 린 콘크리트, 아스팔트기층을 각각 2개씩 제작한 후 분리막을 설치한 것과 미설치한 것을 구분하여 콘크리트 시편을 타설 하였으며, 아스팔트기층은 점탄성을 보유한 재료의 특성상 분리막을 설치하지 않고 시편을 타설한 후 실험을 진행하였다. 실험은 기층별로 타설된 슬래브의 전후면 양쪽을 번갈아 가면서 총 4번씩 하중재하를 실시하여 변위를 측정하였다. 또한 각 기층별로 습도에 따른 마찰력의 변화를 측정하기 위하여 실험 24시간 전에 기층과 슬래브사이에 수분을 공급한 후 측정하였다.



<그림 1> 현장 실험 개요

3.2 실험 장비

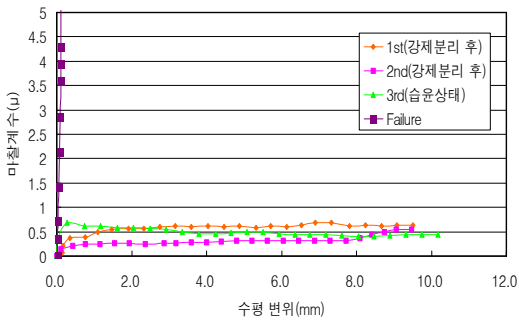
마찰실험에 사용된 콘크리트 슬래브 시편의 크기는 100×75×20cm(가로×세로×높이)로 각각의 기층위에 현장에서 타설되었다. 또한 일정한 속도의 수평하중을 재하하기 위하여 로드 셀(Road cell)과 감속기를 설치하여 시간당 4cm/h의 속도로 재하 하였으며, 최대정지마찰력 이상의 수평하중을 콘크리트 슬래브시편에 재하하기 위하여 반력벽을 설치하였다. 수평하중에 의한 변위는 LVDT(Linear Variable Differential Transformer)를 슬래브 시편에 접촉시킨 후 데이터 로거(Data Logger)에 연결하여 실시간으로 데이터를 수집하였다.



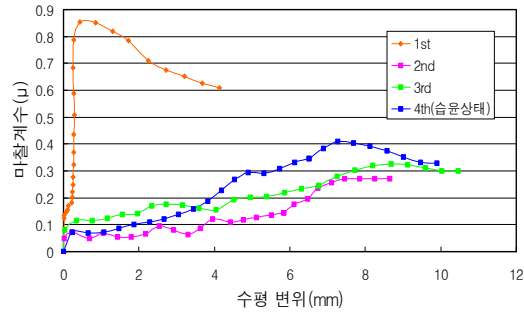
<그림 2> 마찰력 실험 상세도

3.3 실험 결과

현장실험에서 측정된 각 보조기층별 마찰계수는 앞에서 언급한 식 1을 사용하여 산출하였으며, 각 기층 별 시험횟수에 따른 마찰계수 변위는 <그림 3>~<그림 5>와 같다. 시험횟수는 슬래브의 양방향에서 총 4회를 반복하여 하중을 재하하는 것을 기본으로 실시하였으며, 마지막 4회째 실험에서는 습윤 상태를 모사하여 마찰계수를 측정하기위해 실험 실시 24시간 전에 슬래브와 기층사이에 충분히 수분을 공급한 후 실험을 실시하였다.

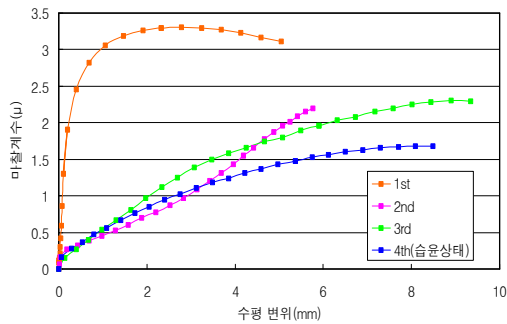


(a) 분리막 미설치

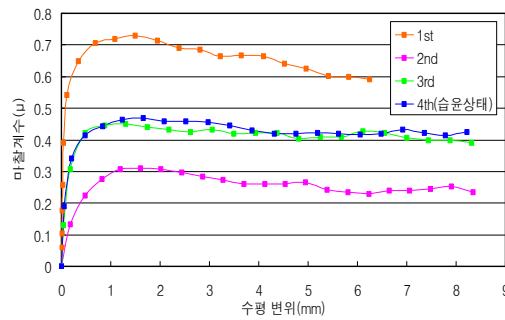


(b) 분리막 설치

〈그림 3〉 반복횟수에 따른 린 콘크리트층의 마찰계수 및 변위

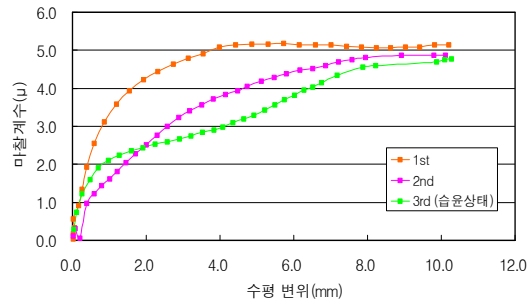


(a) 분리막 미설치

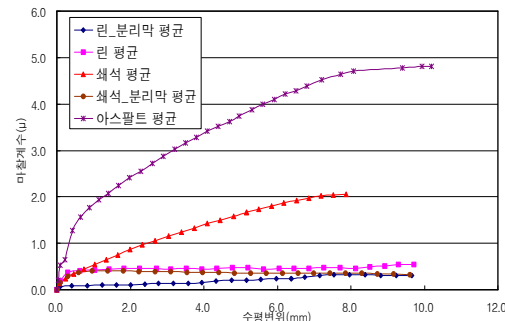


(b) 분리막 설치

〈그림 4〉 반복횟수에 따른 쇄석기층의 마찰계수 및 변위



〈그림 5〉 반복횟수에 따른 아스팔트기층의 마찰계수 및 변위(분리막 미설치)



〈그림 6〉 각 기층 별 평균 마찰계수 변위

〈그림 3〉에서 분리막을 사용하지 않은 린 콘크리트층의 경우에는 슬래브와의 최대정지 마찰력이 감속장치의 하중범위를 초과하여 분리가 되지 않았기 때문에 중장비를 사용하여 강제 분리 후 마찰계수를 측정한 결과, 분리되어진 후의 최대정지 마찰계수는 0.69로 측정되었고, 분리막을 사용한 경우에는 0.4로 측정되어 분리막 사용 시 마찰계수가 감소하는 경향이 나타났다.

〈그림 4〉는 쇄석기층에서의 분리막 사용 유무에 따른 마찰계수의 변위를 측정한 결과로써 분리막 미설치 시 최대정지



마찰계수가 2.05로 분리막을 설치했을 때의 최대정지 마찰계수인 0.45보다 높게 측정되었으며 분리막을 시공한 린 콘크리트층의 마찰계수와 거의 유사하게 측정되었다.

아스팔트기층의 경우에는 <그림 5>와 같이 콘크리트 슬래브와 아스팔트기층이 접촉되어 아스팔트층에서 인장파괴가 발생하여 콘크리트 슬래브와 완전한 분리가 되지 않았기 때문에 최대정지 마찰계수가 4.8로써 비교적 높게 측정되었을 뿐만 아니라 린 콘크리트 기층이나 쇄석기층에서 첫 번째 실험이후 마찰계수가 급격히 감소하는 것과는 달리 아스팔트의 특성상 첫 번째 실험이후에서도 유사한 결과가 나타났다.

또한 실험결과, 모든 슬래브와 기층사이에 미치는 우수의 영향은 슬래브-기층간의 마찰력에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났으며 <그림 6>과 같이 분리막을 사용한 린콘크리트와 쇄석기층에서는 마찰계수가 유사하게 작은 값으로 측정되었고, 분리막을 사용하지 않은 경우에는 아스팔트, 쇄석, 린 콘크리트기층 순으로 보다 크게 측정되었다.

4. 결론

본 연구를 통해 린 콘크리트, 쇄석, 아스팔트 기층과 분리막의 사용유무에 따른 콘크리트 슬래브 간의 마찰력 실험을 각각 총 4회씩 수행하여 마찰계수를 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 린 콘크리트층의 경우, 분리막을 시공하지 않은 경우 최대정지 마찰계수가 0.46으로 분리막을 시공한 경우인 0.32보다 높게 측정되어 분리막 시공 시 마찰력에 의한 슬래브의 파손을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.
2. 쇄석기층의 경우, 분리막을 시공하지 않은 경우 최대정지 마찰계수가 2.05로 분리막을 시공한 경우인 0.39보다 매우 높게 측정되었는데 이는 분리막이 콘크리트 슬래브와 쇄석의 부착을 차단하여 마찰력을 월등히 감소시킨 것으로 판단된다.
3. 아스팔트기층의 경우, 콘크리트 슬래브와 아스팔트기층이 부착되어 하중재하 시 분리가 되지 않고 아스팔트기층 자체에서 인장파괴가 발생되어 최대정지마찰계수가 4.81로 높게 측정되었다.
4. 습도의 영향을 고려하기 위해 슬래브와 기층사이에 수분을 공급하였으나 습도의 영향은 미비한 것으로 나타났다.
5. 실험결과 분리막을 시공한 기층에서는 분리막을 시공하지 않은 경우에 비해 기층의 종류와 상관없이 유사한 마찰계수가 측정되어 콘크리트 포장에서 분리막이 마찰력을 저감시키는 성능이 유효한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국건설교통기술평가원의 『구조적 성능을 고려한 시멘트 콘크리트포장의 기능 개선 시공화 연구』의 수행결과와 일부로써, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2002), “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구”, 1단계 1차년도 최종보고서
2. Seung Woo Lee(2000), "Characteristics of Friction between Concrete Slab and Base", KSCE Journal of Civil Engineering
3. Young Chan Suh, Seung Woo Lee and Min Soo Kang(2002), "Evaluation of Subbase Friction for Typical Korean Concrete Pavement", Transportation Research Record 1809
4. 한국도로공사(2000), “고속도로공사 표준시방서”