

조립식 콘크리트 포장의 슬래브 접합 효과 분석

Investigation of Slab Connection Effectiveness in Precast Concrete Pavements

오한진* · 조영교** · 박희범*** · 김성민**** · 박원주*****

Oh, Han Jin · Cho, Young kyo · Park, Hee Beom · Kim, Seong-Min · Park, Won Joo

1. 서 론

현장 타설 콘크리트 포장은 시공 시 품질관리에 주의를 기울이지 않으면 초기 표면 결함 등이 발생할 가능성이 높으며 설계수명에 다다르기 전에 보수가 필요시 되는 경우가 발생한다. 또한 노후 콘크리트 포장 연장이 증가하고 있으며 교통량의 급격한 증가와 가혹한 환경조건 등은 콘크리트 포장의 파손을 더욱 가속화 시키고 있다. 도로 포장의 보수 작업은 보수구간의 교통통제가 반드시 수반되기 때문에 빈번한 보수작업은 도로 사용자들에게 큰 불편함을 주며 이에 따른 경제적 손실도 매우 크다고 할 수 있다.

콘크리트 도로 포장의 보수를 위해 교통 차단 시간을 최소화 하고 고내구성 도로 포장 보수를 수행할 수 있는 공법으로 조립식 포장 공법을 들 수 있다(Bull, 1991; Hargett, 1970). 조립식 포장 공법은 공장에서 제작한 고내구성 콘크리트 슬래브를 이용하여 도로 포장의 보수 및 신설작업에 적용할 수 있으며 급속시공을 통해 교통통제 시간을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

본 연구는 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 이용한 효율적이고 신속한 보수 공법의 적용성을 분석하기 위해 수행되었다 이를 위해 줄눈 콘크리트 포장 슬래브 4개를 교체하여 보수하는 시험시공을 수행하고 교체된 프리캐스트 슬래브간의 접합 방식에 대한 효과를 분석하였다.

2. 슬래브 제작 및 시험시공

교체할 기존 포장 슬래브는 그림 1과 같이 차량 진행 방향으로 교체된 프리캐스트 슬래브가 원활한 주행성과 슬래브 간의 연결성을 보장할 수 있는지를 확인하기 위하여 연속된 3개의 슬래브를 선정하였다. 또한 2차로 이상의 포장에 대한 시공성을 확인하기 위하여 교체된 슬래브 중 한 개의 슬래브와 횡방향으로 인접한 한 개의 슬래브도 교체하였다. 슬래브 간의 하중 전달은 그림 2와 같이 포켓 접합 방식과 홈 접합 방식을 모두 적용하여 설계하였고 프리캐스트 슬래브의 양중작업과 슬래브 안착 후 높낮이 조절을 하기 위하여 리프팅 및 레벨링 요소를 각 슬래브의 4곳에 설치하였다(조영교 외, 2010).

* 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail : fantum2040@khu.ac.kr) - 발표자
** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 석사과정(E-mail: brain@khu.ac.kr)
*** 학생회원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 박사과정(E-mail: bambams@khu.ac.kr)
**** 정 회 원 · 경희대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자(E-mail: seongmin@khu.ac.kr)
***** 정 회 원 · (주)동일기술공사 기술연구소 선임연구원(E-mail: bondpak@naver.com)

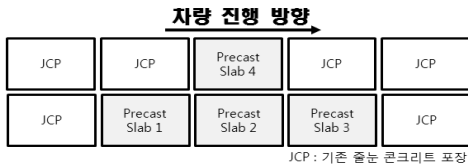


그림 1. 조립식 포장 보수 위치

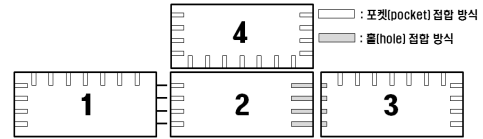


그림 2. 슬래브 접합 방식

프리캐스트 슬래브를 안착하기 위하여 기존 줄눈 콘크리트 포장의 슬래브를 커터를 이용하여 절단하였다. 그리고 절단한 슬래브에 앵커를 박아 기중기를 이용하여 제거하였다. 기존 슬래브를 제거한 후 그림 3과 같이 인접 슬래브에 다웰바 및 타이바를 설치하였다. 다웰바 및 타이바 설치 작업이 수행되는 동안 프리캐스트 슬래브가 안착할 하부지반의 평탄화 작업을 수행하고 그림 4와 같이 하부지반에 비닐을 설치하였다. 비닐을 설치하는 이유는 프리캐스트 슬래브 바닥면과 하부지반과의 빈 공간을 채우기 위해 그라우팅 작업을 수행할 때 그라우팅 재료가 유실되는 것을 방지하기 위함이다.



그림 3. 다웰바 및 타이바 설치



그림 4. 하부지반 비닐 설치

프리캐스트 슬래브 안착 전 작업이 완료되면 기중기를 이용하여 프리캐스트 슬래브를 지정된 위치에 안착시켰다. 슬래브 안착 작업이 완료되면 레벨링 요소를 이용하여 그림 5와 같이 인접슬래브와의 평탄성을 맞추는 높낮이 조절 작업을 수행하였다. 프리캐스트 슬래브와 인접 줄눈콘크리트 포장과의 평탄성을 확보한 후 2번과 3번 프리캐스트 슬래브의 홈 접합 연결을 수행하였다. 다웰바 연결 작업이 완료되면 슬래브간의 영구적인 체결과 슬래브 하부와 하부지반과의 빈 공간을 충전하기 위해 그라우팅 작업을 수행하였다. 그라우팅 작업이 완료된 후 프리캐스트 슬래브와 인접 슬래브 사이의 줄눈 부분에 실란트를 주입함으로써 시험시공을 완료하였다. 그림 6은 시험시공 완료 후 조립식 포장의 모습을 보여준다.



그림 5. 높낮이 조절 작업



그림 6. 완공된 조립식 포장

3. 슬래브 접합 효과 분석

프리캐스트 슬래브 접합 방식에 따른 온도변화에 대한 수직방향 쉐어링 거동 특징을 분석하기 위하여 그림 7과 같이 포켓 접합 방식을 사용한 Joint 1과 홈 접합 방식을 사용한 joint 2에서 각 슬래브의 코너 부분에 LVDT를 설치하였다.

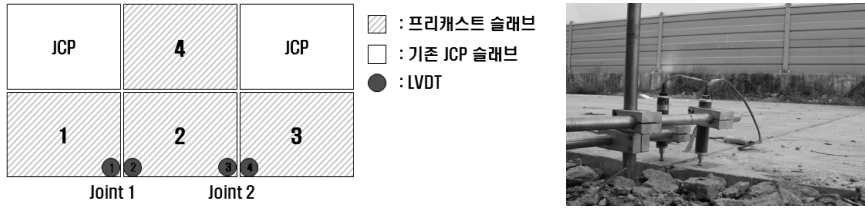


그림 7. 슬래브 컬링 측정위치 및 LVDT 설치

실험 시 슬래브 깊이에 따른 슬래브의 온도변화를 측정하기 위하여 온도 측정 센서를 프리캐스트 슬래브 깊이에 따라 설치하였고 약 5일간의 대기 온도 변화에 따른 슬래브의 깊이별 온도변화 추세를 그림 8에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 대기의 온도가 상승하면 슬래브 표면의 온도가 가장 먼저 상승하고 슬래브 깊이가 깊어질수록 최대 온도에 다다르는 시간이 늦어지고 최대온도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 슬래브의 컬링 현상을 분석하기 위하여 그림 8에 나타낸 깊이별 온도 변화를 이용하여 평형 선형 온도구배를 구하여 그림 9에 나타내었다(김성민 외, 2008). 그림에서 볼 수 있듯이 대기의 온도 증가에 의해 슬래브의 상부 온도가 증가하였을 때는 슬래브의 쪼그라들음을 야기하는 부(-) 온도구배가 증가하며 대기 온도 감소에 의해 슬래브의 상부 온도가 감소하였을 때는 슬래브의 팽기음을 야기하는 정(+) 온도구배가 증가하는 것을 알 수 있다.

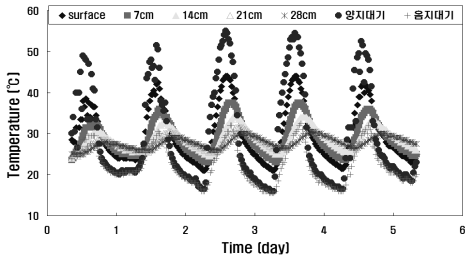


그림 8. 슬래브 깊이에 따른 온도변화

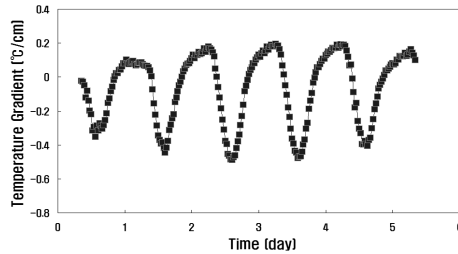


그림 9. 수직 온도구배 변화

프리캐스트 슬래브가 그림 8과 9에 나타난 온도 변화를 받을 때의 줄눈부 컬링 거동을 그림 10에 나타내었다. 그림에서 수직변위 측정값의 기울기가 양(+)이면 슬래브 단부가 상승되는 컬업이 발생하는 것이며 기울기가 음(-)이면 단부가 하강되는 쪼그라들음이 발생하는 것으로 표시하였다. 그림 10(a)에 나타난 포켓 접합 방식으로 연결된 Joint 1은 인접한 두 슬래브가 비슷한 양상으로 거동은 하지만 수직 변위 변화량에 다소 차이가 있으며, 특히 쪼그라들음에서 컬 업으로 상태가 변화할 때 두 슬래브는 서로 다른 거동을 하는 것을 알 수 있다. 그림 10(b)에 나타난 홈 접합 방식으로 연결된 Joint 2는 인접한 두 슬래브의 거동이 거의 일치하는 것을 알 수 있다.

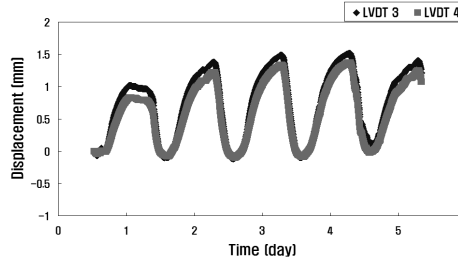
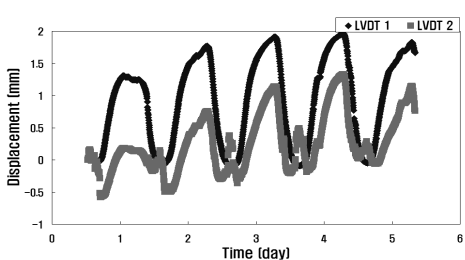


그림 10. 수직 변위 변화: (a) Joint 1, (b) Joint 2

두 접합 방식의 그라우팅 적절성을 분석하기 위하여 다웰바 연결 부위에서 코어를 채취하였다. 다웰바 포켓은 그라우팅을 하였을 때 프리캐스트 슬래브와의 부착이 완벽해야 다웰바를 통한 하중전달이 원활하게 수행된다. 그림 11에서 볼 수 있듯이 채취한 코어를 육안으로 관찰한 결과 그라우팅 재료가 다웰바와 프리캐스트 슬래브를 완전하게 부착시키고 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 포켓 접합 방식에서 다웰바 포켓 상부에 약간의 공극을 발견할 수 있었다. 이는 그라우팅 재료를 압력을 이용하여 한 번에 주입하지 않고 수작업으로 주입을 하였기 때문에 발생한 결과로 판단된다. 그라우팅 재료의 절감을 통한 시공속도 향상을 위해 설계한 홀 접합 방식의 다웰바 연결 부분은 그라우팅 충전 상태가 매우 우수하였다.

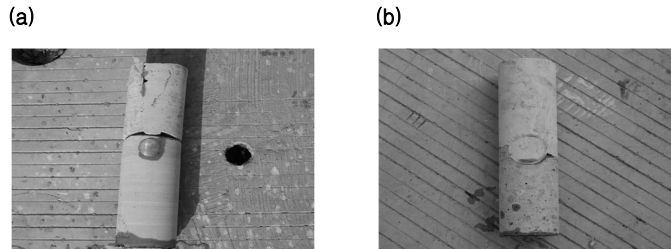


그림 11. 코어채취: (a) 포켓 접합부, (b) 홀 접합부

4. 결론

본 연구는 조립식 포장 공법을 이용하여 콘크리트 포장의 보수를 수행할 경우에 적용성을 평가하고 슬래브 접합 방식에 따른 효과를 분석하는 것을 목표로 수행되었다. 이를 위해 프리캐스트 슬래브를 이용한 줄눈 콘크리트 포장의 보수에 대한 시험 시공을 수행하고 슬래브 연결 방식에 따른 포켓 접합과 홀 접합의 효과 분석 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 프리캐스트 슬래브 접합 방식에 따른 줄눈부 수직 거동 측정 결과 일반적인 콘크리트 포장의 컬링 거동과 유사하였으나, 포켓 접합 방식의 컬링 거동은 인접한 두 슬래브가 다소 차이를 보였으며 홀 접합 방식의 슬래브 거동은 인접한 두 슬래브가 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.
- 포켓 접합 방식과 홀 접합 방식의 그라우팅 결과를 확인하기 위해 코어를 채취한 결과 포켓 접합 방식은 상부에 약간의 공극이 발견되었지만 홀 접합 방식은 빈 공간 없이 그라우팅 재료가 충전된 것을 확인할 수 있었다.
- 그라우팅 작업 수행 시 별도의 장비 없이 수작업으로도 시공이 가능하나 시공의 신속성 및 우수성을 위하여 압력을 가할 수 있는 그라우팅 장비를 이용해야 할 것으로 판단되었다.
- 포켓 및 홀 접합 방식의 슬래브 연결 방식은 모두 적절한 것으로 판단되나, 홀 접합 방식이 보다 확실한 슬래브 간의 연결을 보장해 주는 것으로 분석되었다.

참고 문헌

- [1] 김성민, 박희범 (2008). “지반위에 놓인 콘크리트 슬래브의 온도하중 하의 컬링 거동 및 하부층 영향 실험적 분석”, 한국도로학회논문집, 한국도로학회, Vol. 10, No. 4, pp. 171-180.
- [2] 조영교, 김성민, 양성철, 박원주 (2010). “조립식 포장 공법의 특수요소기술 개발”, 봄 학술대회 논문집, 한국도로학회, pp. 229-234.
- [3] Bull, J. W. (1991). “Precast concrete raft units”, *Van Nostrand Reinhold*, New York, NY, 193 pp.
- [4] Hargett, E. R. (1970). “Prestressed concrete panels for pavement construction”, *PCI Journal*, Precast/Prestressed Concrete Institute, pp. 43-49.