



프리캐스트 콘크리트 포장의 하중전달 성능 실험

Joint Stiffness Tests for Precast Concrete Pavements

양 성 철* 김 성 민** 유 태 석*** 한 승 환****
 Yang, Sung Chul Kim, Seong Min Yoo, Tae Seok Han, Seung Hwan

Abstract

This paper compares the load transfer efficiency between precast concrete pavement specimen and typical concrete pavement specimen by means of laboratory and field tests. An experimental method was developed to evaluate the load transfer efficiency of the dowel bars buried in the concrete pocket and grouted with cement mortar. The test results showed that the load transfer efficiency of the specimen for the dowel bars repaired with grout was equivalent to that of the control specimen. In addition, a series of FWD field tests were conducted on the precast pavement to evaluate the joint stiffness. The field test results revealed that the central deflection of the precast slab slightly increased but the load transfer efficiencies at the joints were almost the same as those in the typical concrete pavement slab.

Keywords : *dowel; shear test; precast pavement; concrete pavement; load transfer*

요 지

콘크리트 슬래브를 공장에서 제작하여 도로 포장의 신설 또는 보수에 사용하는 공법인 프리캐스트 콘크리트 포장의 하중전달 성능을 평가하기 위하여 연구를 수행하였다. 실내실험을 통해 다웰바 연결 부분의 그라우팅 효과를 측정할 수 있는 방법을 고안하였으며 이러한 실험을 위해 실험체를 제작하여 실험하였다. 실험을 수행한 결과 그라우팅을 한 다웰바의 전단강도는 콘크리트와 일체식으로 된 다웰바의 전단강도에 비해 떨어지지 않음을 알 수 있었다. 아울러 현장에서의 시험시공을 통해 설치된 보수용 프리캐스트 콘크리트 포장에 대해서도 FWD 시험을 실시하여 하중전달 성능을 평가하였다. 현장 실험 결과 기존 콘크리트 포장에 비해 슬래브 중앙부에서의 처짐은 다소 크게 나타나나, 줄눈부에서의 하중전달율은 거의 유사한 것으로 나타났다.

핵심용어 : *다웰; 전단시험; 프리캐스트 포장; 콘크리트포장; 하중전달*

* 정회원 · 홍익대학교 건축공학부 부교수, 공학박사
 ** 정회원 · 경희대학교 토목건축대학 교수, 공학박사, 교신저자
 *** 정회원 · 도로교통연구원 책임연구원, 공학박사
 **** 정회원 · 도로교통연구원 수석연구원, 공학박사



1. 서론

국가 경제발전과 더불어 도로 이용자들은 고품질의 도로 서비스 제공을 요구하고 있는 실정이다. 따라서 빈번한 도로의 보수는 이용자들의 불만을 초래할 뿐 만 아니라 많은 교통량으로 인해 유지관리 공사의 시행은 더욱 더 어려워지고 있다. 이에 따라 사용자와 관리자를 동시에 만족시키는 효율적이고 경제적인 유지보수공법의 적용에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다. 신속한 보수와 함께 고성능 슬래브의 생산에 따른 우수한 내구성을 장점으로 가지는 포장으로 프리캐스트 콘크리트 포장을 들 수 있다.

미국 사우스다코타 주에서는 1960년대에 이미 프리캐스트 슬래브를 이용하여 신설도로를 건설한 경험이 있다(Hargett, 1970). 미국 텍사스 주에서는 1980년대 중반 맥레넌 카운티에 프리캐스트 콘크리트 포장을 시공하였고, 2002년에는 텍사스 주 조지타운에 프리스트레싱 기법을 도입한 두 종류의 프리캐스트 콘크리트 포장을 건설하였다(Merritt et al., 2001, 2002). 하나는 횡방향으로 두 개의 본선과 안쪽 바깥쪽의 노선을 포함하는 길이를 프리텐션을 하여 하나의 슬래브로 만들어서 종방향으로만 현장에서 프리스트레싱을 가해서 슬래브를 연결하는 방법이며, 다른 하나는 횡방향으로도 두 개의 슬래브로 나누어서 제작한 후 건설하는 방법으로 이때는 횡방향으로도 현장에서 프리스트레싱을 가하게 된다. 일본에서도 종방향으로 프리스트레싱을 주어 프리캐스트 슬래브를 연결하고, 횡방향으로는 다웰바를 이용하여 하중전달을 유도하는 방법을 사용하는 등 프리캐스트 슬래브가 도로신설에 사용되었다(Hara et al., 1997).

프리캐스트 포장은 신설 도로 뿐 만 아니라 도로 포장의 보수를 위해서도 사용되어 왔다. 1971년 미국 미시간 주에서는 무근 콘크리트포장(JCP)의 줄눈부를 보수하기 위하여 프리캐스트 슬래브를 사용하였다(Merritt et al., 2001). 1981년 미국 텍사스 주에서는 연속철근 콘크리트포장(CRCP)에 보수개념으로 적용되었다(Meyer and McCullough,

1983). 최근 뉴욕 주에서는 태판지 교량의 톨게이트 부분의 포장을 프리캐스트 슬래브로 보수하였다. 도로포장 뿐 만 아니라 공항포장에서도 프리캐스트 슬래브를 사용한 보수가 미국의 워싱턴 덜리스 국제공항에서 시행된 바 있다(Merritt et al., 2001).

국내에서는 1990년대 한국도로공사에서 기초연구의 형태로 국외 문헌을 통해 프리캐스트의 연구동향을 정리한 바 있으며 이 후 2006년부터 프리캐스트 포장의 현장적용을 위한 기술 개발 연구가 진행되었다(김성민 등, 2007). 본 논문에서는 이러한 연구에서 수행한 내용의 일부를 기술하였다.

프리캐스트 슬래브가 도로포장의 보수에 사용되어 지는 경우에 요구되는 주요 성능에는 기존 슬래브와의 평탄성과 더불어 하중전달율이 있다. 프리캐스트 콘크리트포장의 하중전달율에 대한 시험 결과는 아직까지는 조사가 많이 이루어지지 않고 있다. 2005년 미시건 주에서는 도로포장에 시험 적용된 프리캐스트 슬래브에 대한 FWD 실험을 통해 하중전달 성능에 대한 결과를 발표하였다(Buch and Vongchusiri, 2005). 그러나 미시건 주에서는 다웰바 설치 방법 및 슬래브 시공 방법이 그리 정교하지 못하였기 때문에 하중전달율이 떨어지는 것으로 평가되었다.

본 연구에서는 보수용으로 사용되는 프리캐스트 콘크리트 포장의 하중전달 성능을 평가하는데 초점을 맞추었다. 실내실험을 통해 다웰바 연결 부분의 그라우팅 효과를 측정할 수 있는 방법을 고안하였으며 이러한 실험을 위해 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다. 아울러 현장에서의 시험시공을 통해 설치된 보수용 프리캐스트 콘크리트 포장에 대해서도 FWD 시험을 실시하여 하중전달 성능을 평가하였다.

2. AASHTO 하중전달 성능 시험

하중전달 성능시험으로서 가장 많이 사용되고 있는 방법이 AASHTO에서 제시하고 있는 전단시



험방법이다. 본 연구에서는 정적실험의 일환으로 AASHTO 시험방법을 채택하였다. 다웰바가 있는 줄눈부에 하중이 집중되어 인접한 슬래브로 전달되는 경우의 다웰바에 재하되는 하중은 다웰바의 간격과 인접한 두 슬래브의 처짐 차이에 의해 다웰바의 거동이 표현된다. 그림 1은 인접한 슬래브의 상대 처짐을 나타내는 개념도이다. 일반적으로 인접한 슬래브의 상대 처짐은 줄눈부에서의 다웰하부 콘크리트의 처짐, 다웰바의 기울기에 의한 처짐, 전단 처짐, 휨 처짐에 의해 영향을 미치는 것으로 알려졌다. 또한 다웰바의 전단거동에 영향을 미치는 주요 인자로는 다웰바의 형상, 크기, 재질 등이 있는 것으로 알려져 있다(Davis and Porter, 1998; Porter et al., 2001).

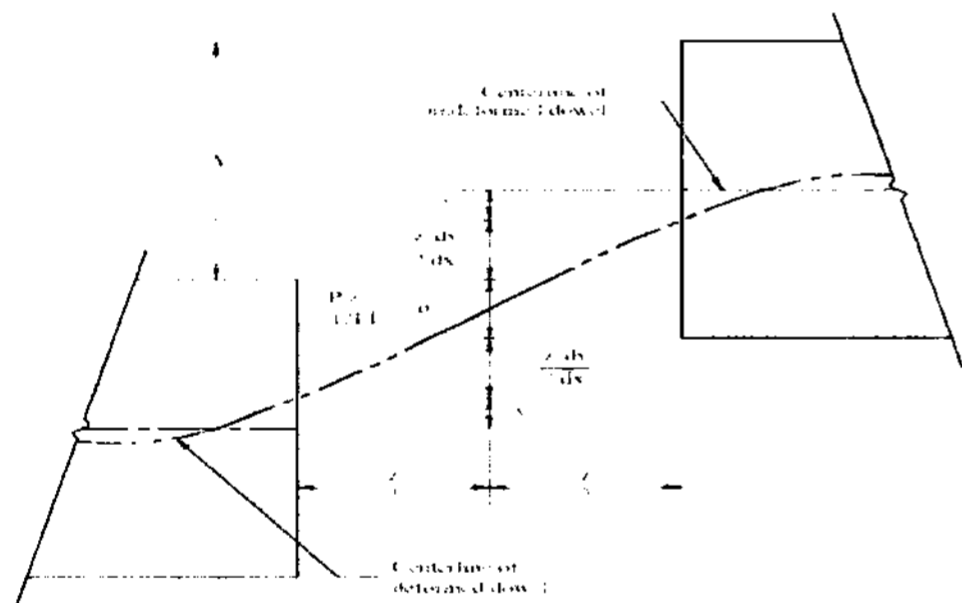
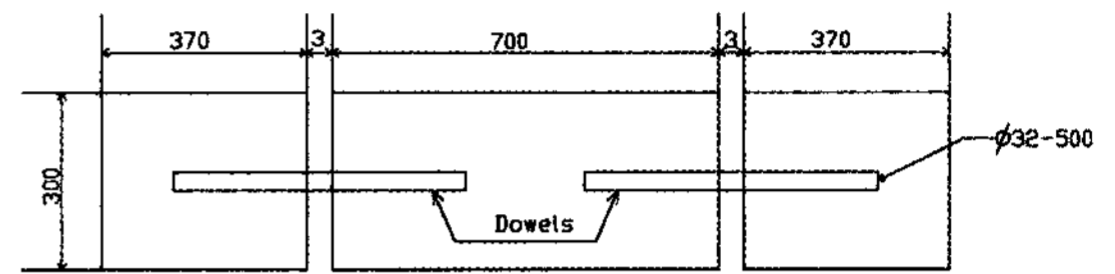


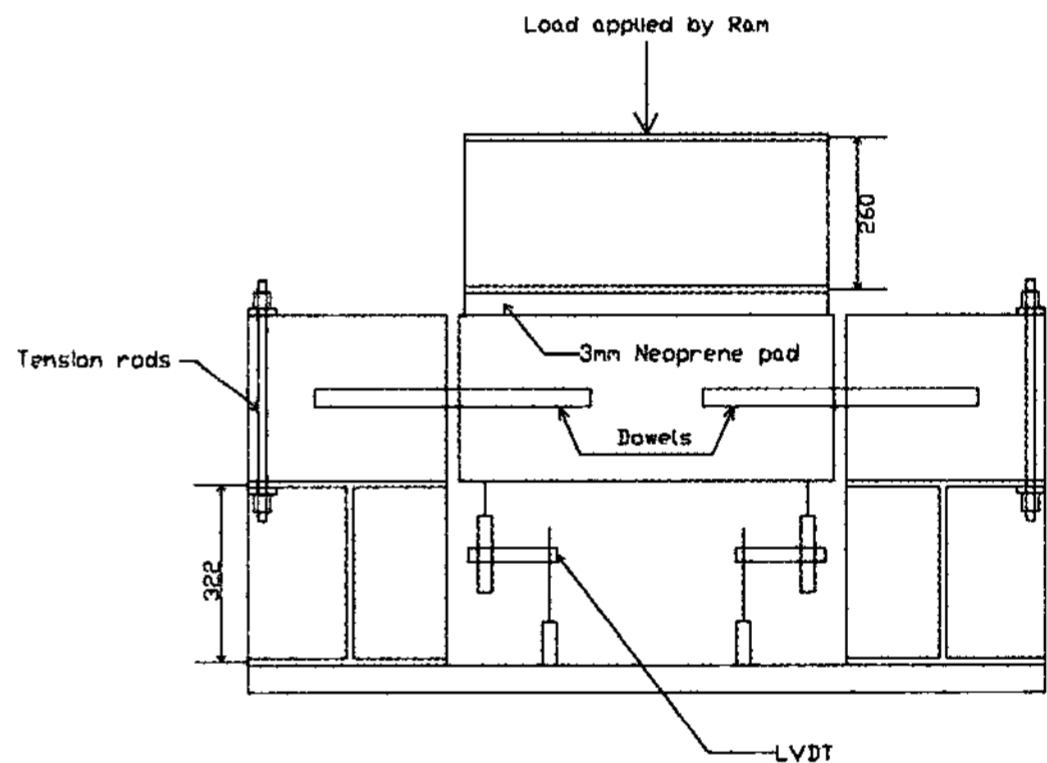
그림 1. 인접슬래브의 상대 처짐 개념도
(Davis and Porter, 1998)

그림 2는 본 연구에서 채택한 AASHTO 전단시험체 및 개념도를 보여준다. 전단시험체는 줄눈폭 3mm를 갖고 지름 32mm의 다웰바가 양쪽에 대칭으로 설치된 콘크리트 블록 3개가 일체로 타설된다. 제작된 콘크리트 전단시험체의 양단 콘크리트 블록 하부에는 H형강을 설치하여 시험체를 고정한다. 시험체 중앙 블록의 상부에 다른 제원의 H형강을 설치하여 이곳에 가려진 하중을 통해 시험체 중앙 블록에 등분포하중을 모사한다. 일반적으로 AASHTO 하중전달 실험에서는 골재의 맞물림을 고려하지 않고 있다. 본 연구에서는 AASHTO 시험방법에서 일반적으로 사용되는 250mm의 시험체의 깊이를 국내 실정

에 맞게 300mm로 수정하여 시험하였다(최재곤, 2006). 하중은 8.9kN/min(2000lbf/min)의 재하속도로 가하였으며 발생하는 상대 처짐은 그림 2(b)에서와 같이 시험편의 하부에 설치된 4개의 LVDT를 이용하여 데이터로거를 통해 측정하였다.



(a) 시험시험편



(b) 전단시험 개념도

그림 2. 다웰바 성능 평가 전단시험

3. 실내실험

3.1 시험체 제작

실험에 사용될 부재의 형태와 다웰바의 크기, 재질은 현재 고속도로 콘크리트 포장에 사용되는 사양에 따라 AASHTO에서 제시하는 다웰바의 전단 성능 평가 기준에 의거해 제작하였다. 다웰바는 우리 고속도로에서 사용하는 코팅된 강재 다웰바($\Phi 32-500$)를 사용하였으며 시험체는 철제거푸집을 사용하여 제작하였다. 그림 3은 다웰 포켓이 없는 시험체를 보여주며 그림 4는 프리캐스트 슬래브가 설치될 포장 슬래브에서와 같이 다웰 포켓이 설치



된 시험체를 나타낸다. 다웰 포켓 부분은 시험체를 17일간 양생시킨 후에 무수축 그라우팅용 레디믹스 모르타르를 물과 약 6:1 비율로 배합하여 그라우팅 작업을 하였다. 그라우팅 작업을 하기 전 액상 접착용제를 물과 1:5 비율로 혼합하여 다웰 포켓 안쪽 면에 도포한 후 모르타르를 타설하였다.

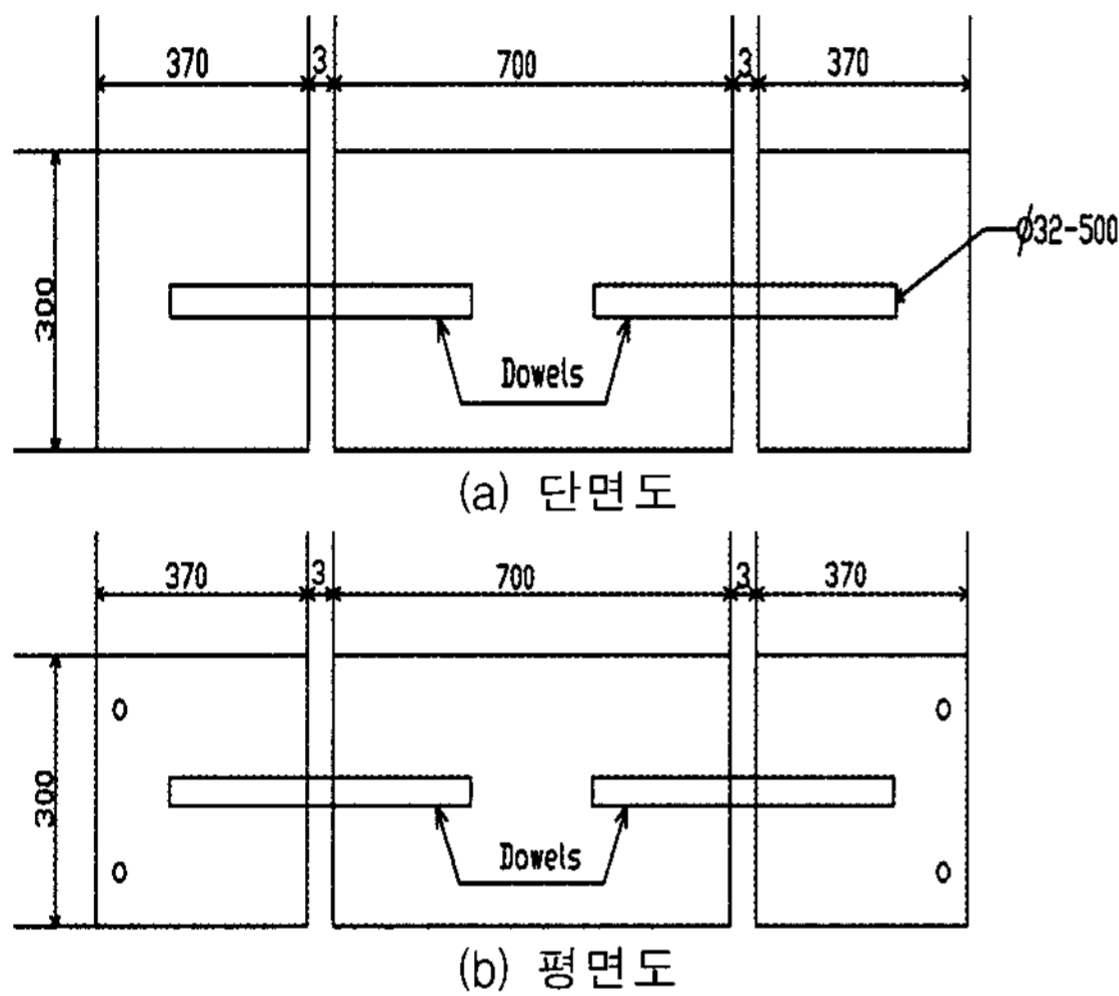


그림 3. 다웰 포켓이 없는 시험체 거푸집

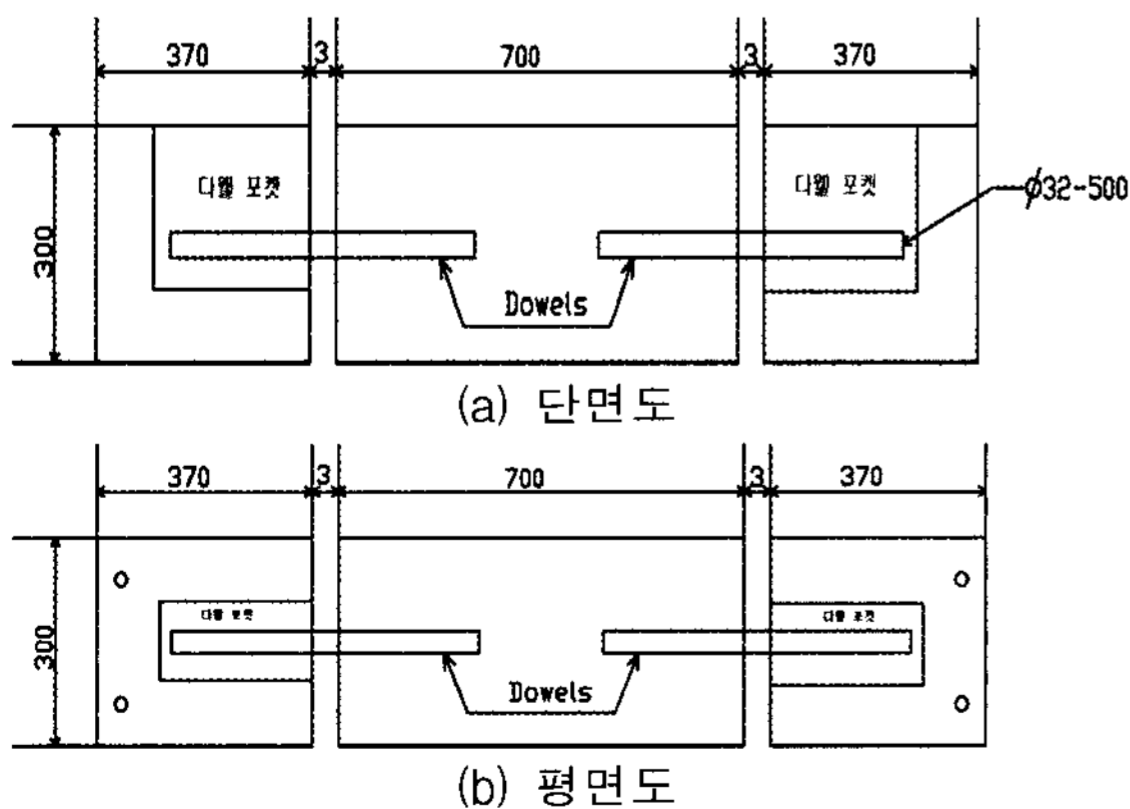


그림 4. 다웰 포켓이 설치된 시험체 거푸집

3.2 재료물성 시험

콘크리트 배합은 레미콘 콘크리트를 대상으로 하였다. 프리캐스트 슬래브 타설 시에 현장에서 제작한 공시체에 대한 압축강도 및 휨강도의 시험 결과는 표 1과 같다. 모든 시편은 기건 양생되었고 강도 시험 시 재령은 41일이었다. 압축강도 시편은 총 6개로서 처음 3개는 강제 캡을 씌워서 사용하였고 평균 압축강도는 21.6MPa이었으며 면갈이를 하여 시험한 시편의 평균 압축강도는 23.5MPa으로서 전체 평균 압축강도는 22.5MPa이었다. 평균 휨강도는 약 3.38MPa이었다.

표 1. 슬래브 시편의 강도 시험 결과

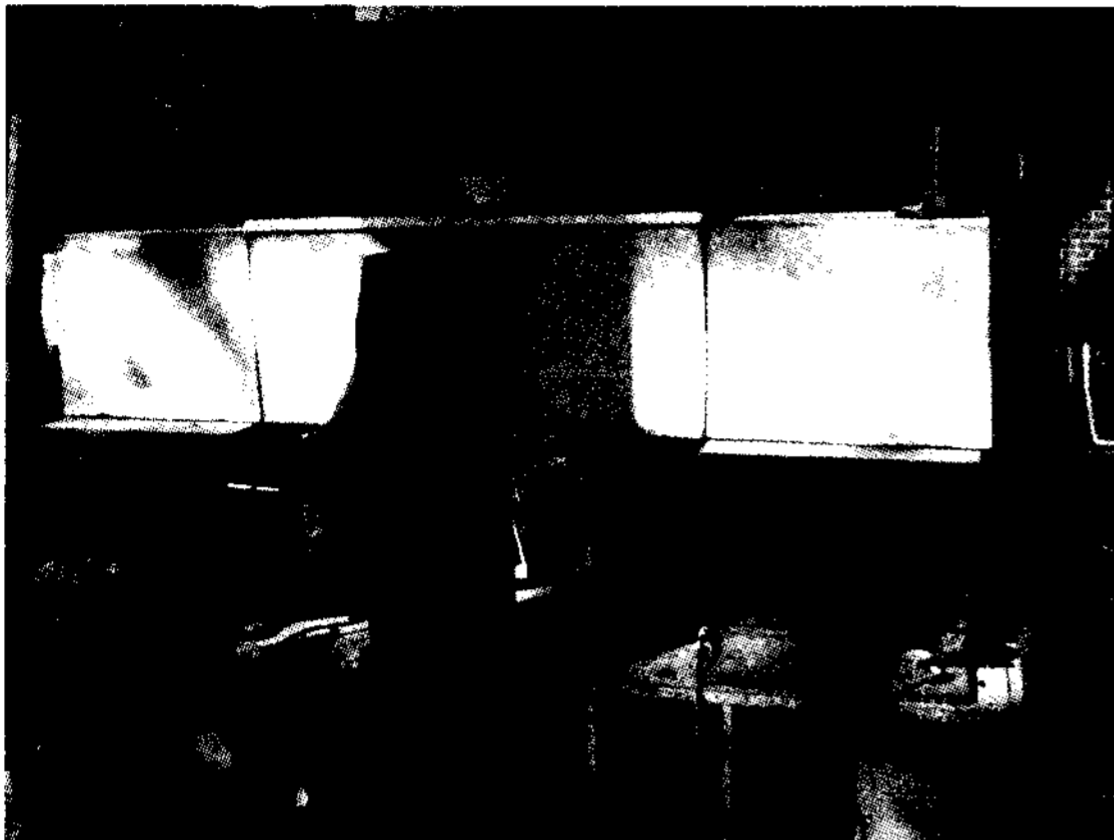
측정방법	압축강도(MPa)				전체 평균	휨강도(MPa)			
	시편1	시편2	시편3	평균		시편1	시편2	시편3	평균
강제캡	21.4	21.3	22.0	21.6	22.5	3.51	3.43	3.20	3.38
면갈이	23.4	23.9	23.2	23.5					

다음은 무수축 모르타르 시편에 대해 초기강도의 측정을 목적으로 2일과 28일 재령에 대해 압축강도를 측정하여 표 2에 정리하였다. 재령 2일의 평균 압축강도는 24.2MPa이었고 재령 28일의 평균 압축강도는 48.8MPa이었다. 다소 추운 기후조건에서 양생한 시편임에도 불구하고 강도발현이 우수함을 알 수 있다.

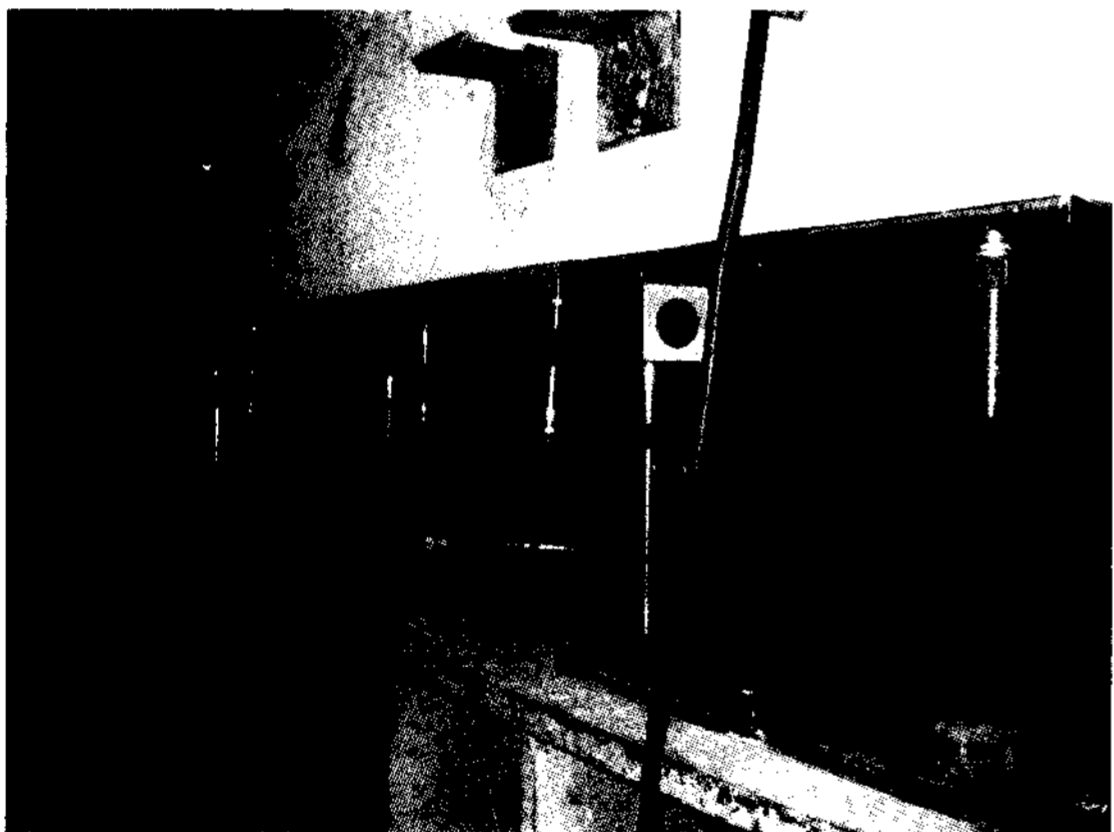
표 2. 모르타르 시편의 압축강도 시험 결과

재령 (일)	압축강도(MPa)		
	시편1	시편2	평균
2	26.1	22.2	24.2
28	46.9	50.6	48.8

3.3 하중전달 시험



(a) 가력프레임에 장착된 시험체



(b) LVDT 설치

그림 5. 전단시험체 설치도

그림 5는 하중전달 시험체와 LVDT의 설치 모습을 보여준다. 비대칭에 의해 발생할 수 있는 비틀림을 방지하기 위해 시험체의 측면에 지지대를 설치하였다. 여기서 게이지를 네 모서리를 따라 설치하였고 시계방향으로 1번에서 4번까지 순차적으로 LVDT 게이지 번호를 부여하였다.

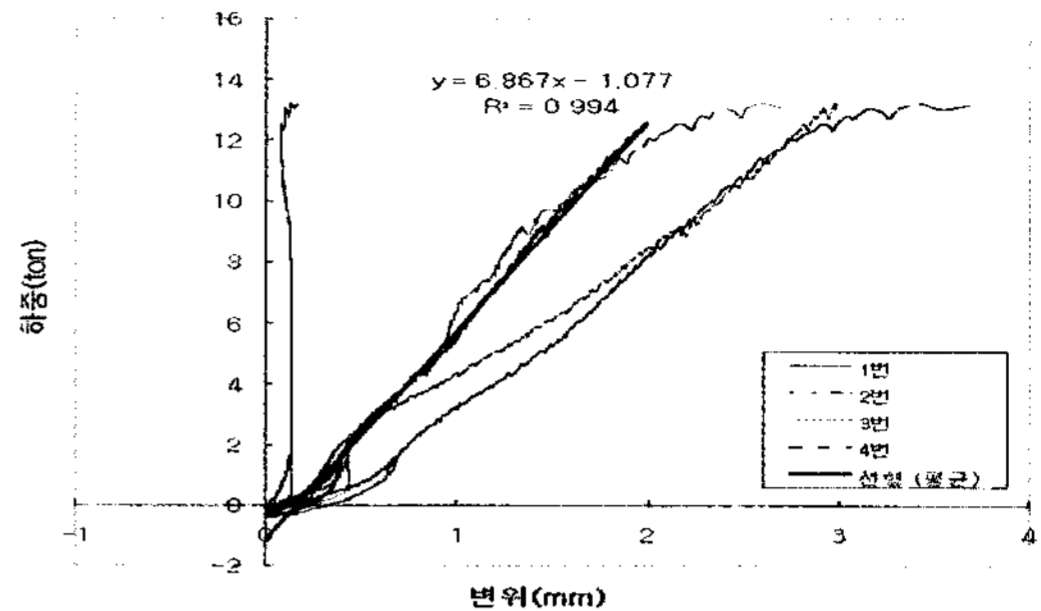


그림 6. 기준 시편의 하중-처짐 상관관계

그림 6은 기준 시편의 하중-처짐의 상관도를 보여준다. 그림에서와 같이 처짐 값이 게이지 번호에 따라 차이가 나는 것은 지지대를 설치하였음에도 불구하고 여전히 시험체에 비틀림 변형이 발생했다는 것을 알 수 있다. 따라서 4개의 LVDT 값으로부터 평균값을 적용하였다. 그림 안에 표기된 추세선의 기울기는 시편의 강성에 해당된다.

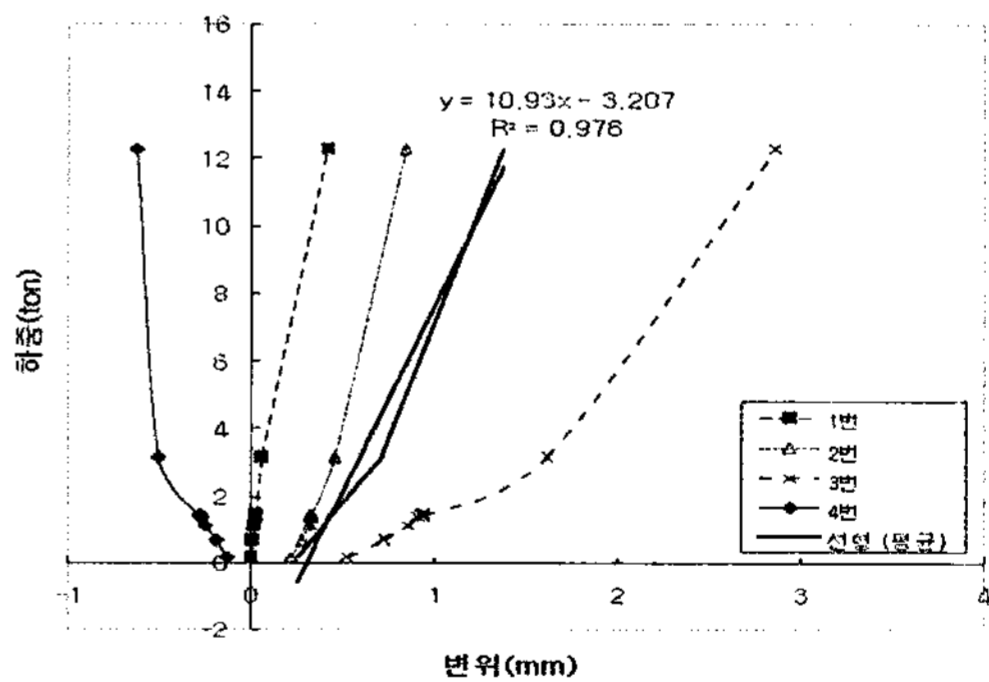


그림 7. 다웰 포켓 시편의 하중-처짐 상관관계

그림 7은 다웰 포켓이 설치된 시편의 실험 결과이다. 본 실험에서 알 수 있는 것은 다웰 포켓이 설치된 시편의 강성이 기준시편보다 오히려 크게 나타났다는 것이다. 이는 모르타르의 강도가 우수하여 발생한 것으로 분석된다. 하지만 시험체의 수가 많지 않았기 때문에 확실한 결론을 도출하기에는 무리가 있으며, 또한 편심에 의한 비틀림 모멘트가 여전히 존재하기에 보다 정교한 실험이 요구된다. 본 실험으로부터 다웰 포켓이 설치된 시편



의 전단강도가 상대적으로 기준시편에 비해 떨어 지지는 않는 것을 알 수 있었다.

4. 현장 시험시공 및 하중전달 성능 평가 실험

프리캐스트 슬래브를 이용한 줄눈콘크리트 포장의 보수에 대한 시험시공을 경부고속도로 황간 IC 부근의 폐도에서 수행하였으며(김성민 등, 2007), 시험시공 후에 프리캐스트 슬래브의 성능을 평가하기 위하여 FWD를 이용한 현장 실험을 수행하였다.

4.1 시험시공 과정



그림 8. 기존 슬래브 제거 작업

줄눈콘크리트 포장의 보수를 위하여 교체할 슬래브의 크기는 약 6m x 3.9m x 0.29m로 결정하여 PC 공장에서 제작하였다. 공장에서 제작된 슬래브를 시공 현장으로 이동하였다. 슬래브 커팅 장비를 이용하여 그림 8과 같이 4등분으로 된 기존 슬래브를 제거한 후 제작된 슬래브의 다웰바 및 타이바 포켓에 해당하는 위치를 선정하여 그림 9에서와 같이 천공작업을 하였다.

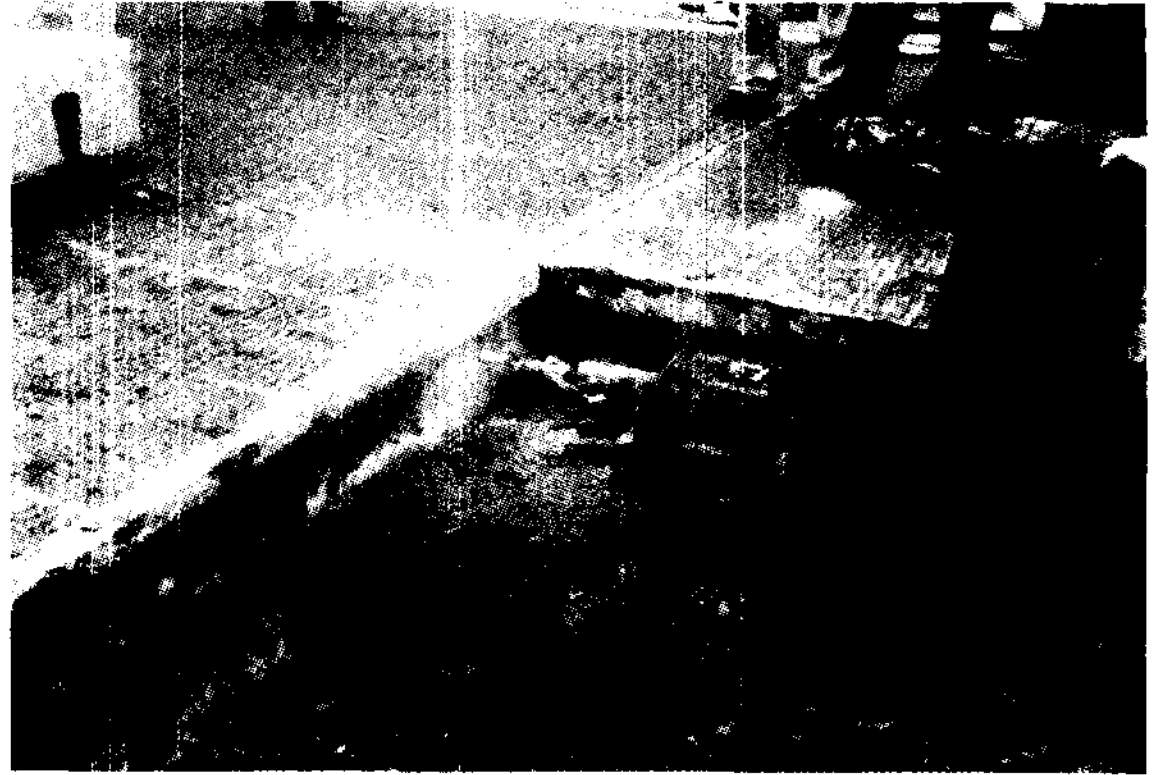


그림 9. 다웰바 및 타이바 천공작업

천공작업이 완료된 후 하부 지반 평탄 작업과 더불어 비닐을 설치하는 작업을 수행하였다. 이러한 과정을 마친 후 그림 10과 같이 50톤 기중기를 이용하여 슬래브를 안착하였다. 슬래브를 안착시킨 후 기존 포장과의 높낮이를 맞추는 작업을 수행하였으며 그림 11과 같이 슬래브 제작 시 만들어 놓은 그라우팅을 위한 구멍을 통하여 모르타르를 주입하였다. 그림 12는 그라우팅 작업이 완료된 후 기존 포장 슬래브와 보수 포장 슬래브 사이의 줄눈 부분에 실런트를 주입하여 마무리 한 모습이다.



그림 10. 슬래브 안착 작업



그림 11. 포트를 통한 그라우팅 작업



(b) 다웰바 포켓부

그림 13. 모르타르 충전 상태

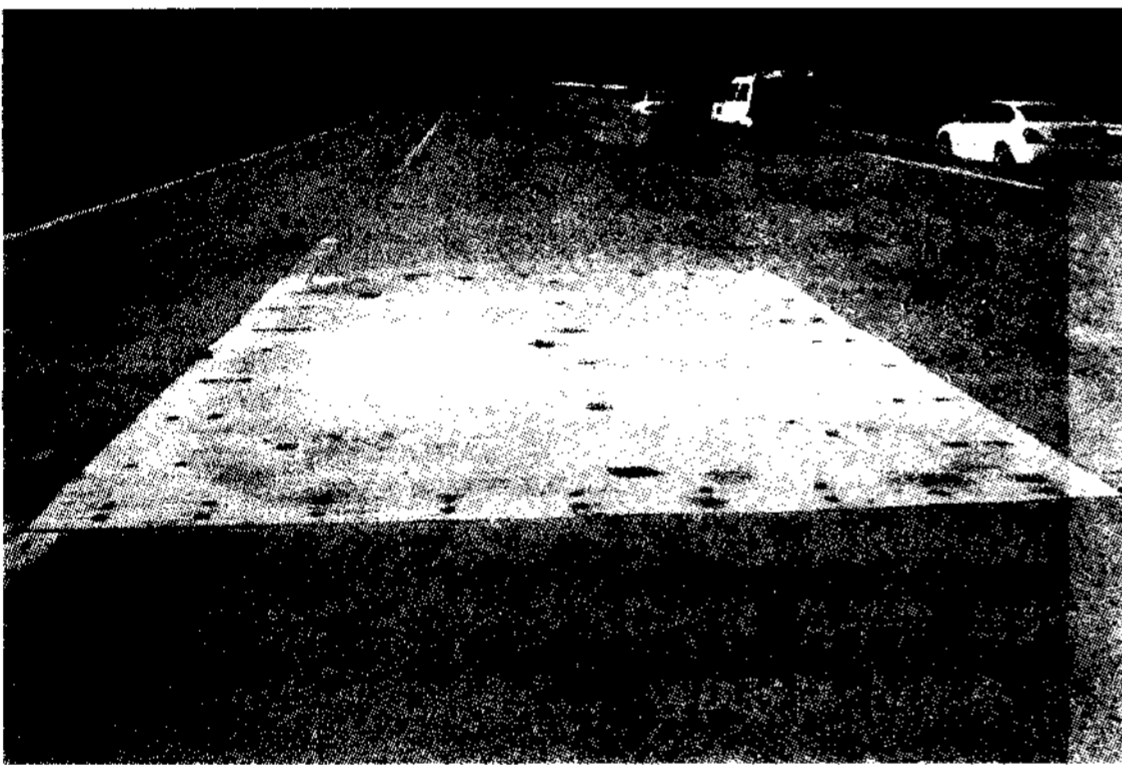


그림 12. 시공 완료된 모습

4.2 슬래브 하부 및 다웰바 포켓부의 충전 상태 조사



(a) 슬래브 하부

프리캐스트 슬래브를 이용한 보수 공법에 대한 시험시공이 완료된 후 프리캐스트 슬래브의 하부 충전 및 다웰바 및 타이바 포켓 부분의 충진을 위해 주입한 그라우팅의 상태를 분석하기 위하여 코어링 작업을 수행하였다.

그림 13(a)에서와 같이 슬래브 중앙 및 가장자리 모두 슬래브 하부와 하부지지층 사이의 빈 공간이 밀실하게 충진이 되었지만 부착은 되어 있지 않았다. 이는 그라우팅 재료인 시멘트 모르타르의 경화된 표면에 많은 기포가 잡혀 있는 것으로 미루어 보아 공기가 갇혀서 슬래브와의 부착을 방해한 것으로 판단된다. 한편 그림 13(b)는 다웰바 포켓부의 충전상태를 보여주는데 윗면에서 약간의 공극을 볼 수는 있으나 전체적으로는 완전하게 콘크리트와 부착되어 있음을 확인하였다. 이러한 공극은 하중전달율을 떨어뜨릴 수 있어 추후 기계식에 의한 자동주입으로 이러한 문제점을 해결할 수 있을 것이다. 또한 다웰바 포켓에서 옆면 부분이 그라우팅 재료와 완전 부착이 되었는지도 코어를 육안으로 관찰해서만은 정확하게 알 수는 없다. 하지만 다음 4.3절에서 보여주는 바와 같이 현장 실험을 통해 다웰바 포켓 부분의 그라우팅에 따른 하중전달율을 측정된 결과 매우 높은 하중전달율을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 썸기 모양의 포켓을 사용하였기 때문에 부착이 그리 좋지는 않아도 하중전달율은 상당히 좋은 것으로 판단된다.



4.3 하중전달 성능 평가

프리캐스트 포장의 상태를 평가하기 위해서 FWD를 통한 처짐 시험을 실시하였다. 시험 목표 하중은 100kN으로 실제 하중의 변동이 다소 존재 하지만 시험결과는 100kN으로 환산하여 처짐을 산정하였다. 컬링의 영향을 고려하기 위해서 시간의 변화에 따른 처짐을 측정하였고 새벽 6시부터 오후 2시까지 약 2시간 마다 시험을 수행하였다. 시험위치는 시험 시공된 프리캐스트 슬래브를 중심으로 전후 2개씩 총 5개의 슬래브에 대해서 시험을 수행하여 슬래브 중앙부 처짐과 6개의 줄눈부 처짐을 얻어 비교하였으며 그림 14에 범례를 표시하였다.

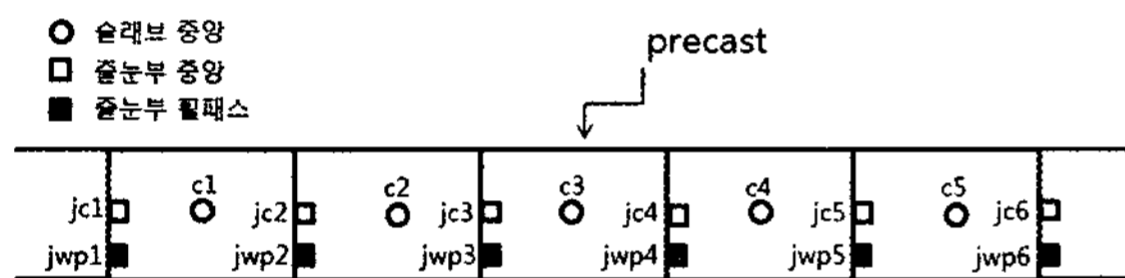


그림 14. 실험 대상 슬래브 범례

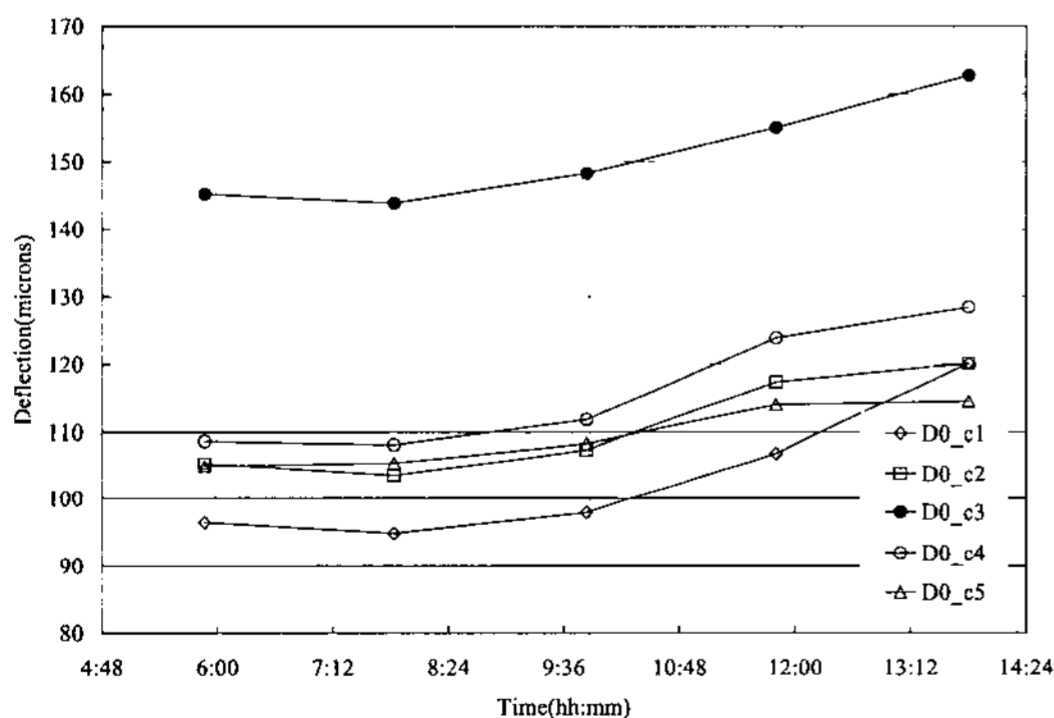
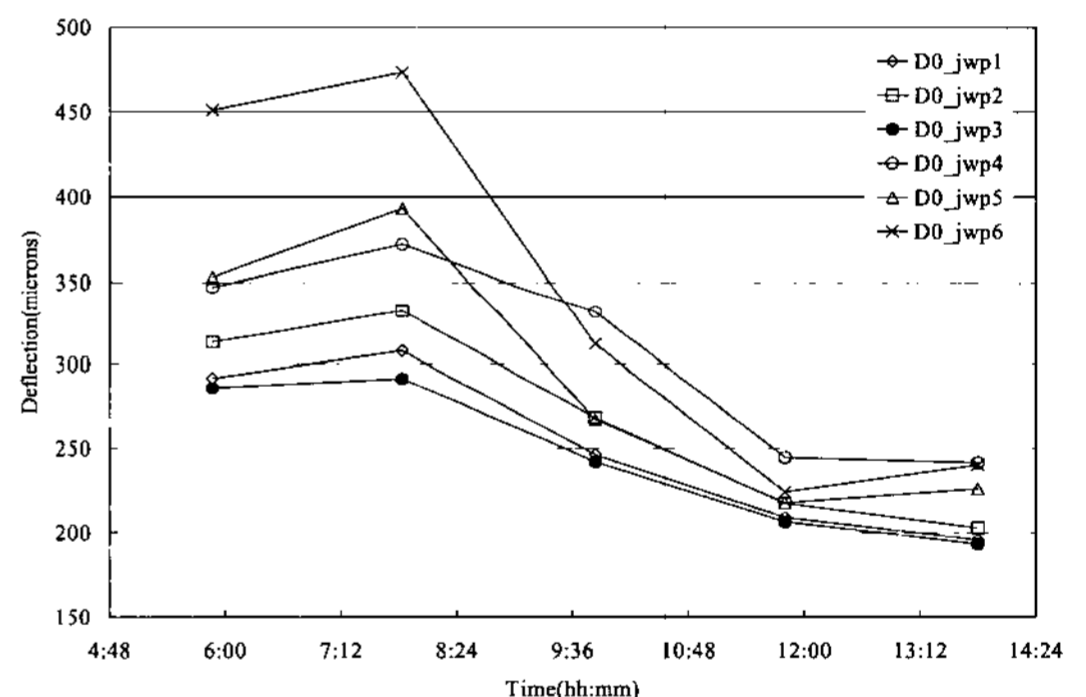


그림 15. 슬래브 중앙 처짐

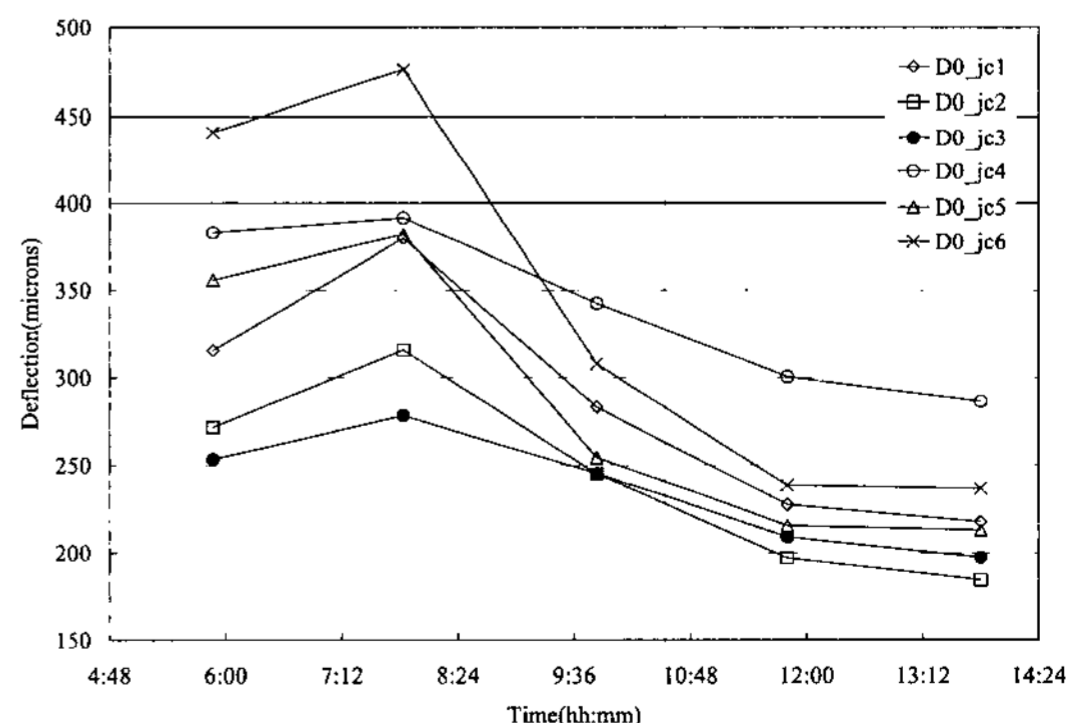
그림 15는 슬래브 중앙의 처짐으로 범례에서 D0_c3는 프리캐스트 슬래브 중앙(c3)에서 하중이 가해진 지점(D0)의 처짐을 의미한다. 프리캐스트 슬래브 중앙부의 처짐은 인접 슬래브에 비해 모든 시간에 처짐이 크게 나타났다. 이는 프리캐스트

슬래브가 평탄성 조정을 위해 인접 슬래브보다 얇게 만들어진 것과 기존 슬래브를 제거하면서 포장 하부에 교란이 생겨 지지력이 낮아진 원인 및 슬래브 하부 그라우팅의 수동주입 등에 따른 영향으로 판단된다.

그림 16은 줄눈 휠 패스 및 줄눈 중앙의 처짐으로 범례에서 D0_jwp3 및 D0_jc3은 프리캐스트 슬래브의 줄눈에서 측정된 결과이다. 프리캐스트 슬래브 줄눈의 처짐은 전반적으로 다른 줄눈에 비해 작게 나타났으며, 이것은 그라우팅이 집중적으로 줄눈부의 다웰바 포켓에 수행되었기 때문인 것과 프리캐스트 부재가 현장타설 슬래브에 비해 시공 변형(Built-In-Curling)의 양이 상대적으로 적었기 때문인 것으로 판단된다.



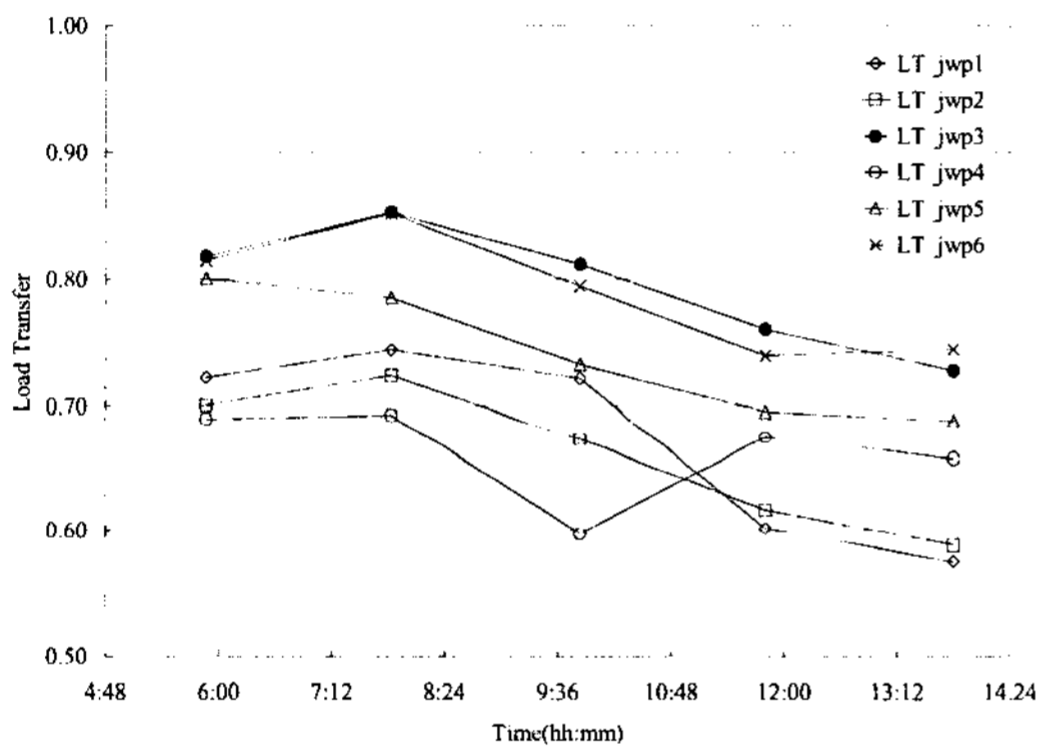
(a) 줄눈 휠 패스



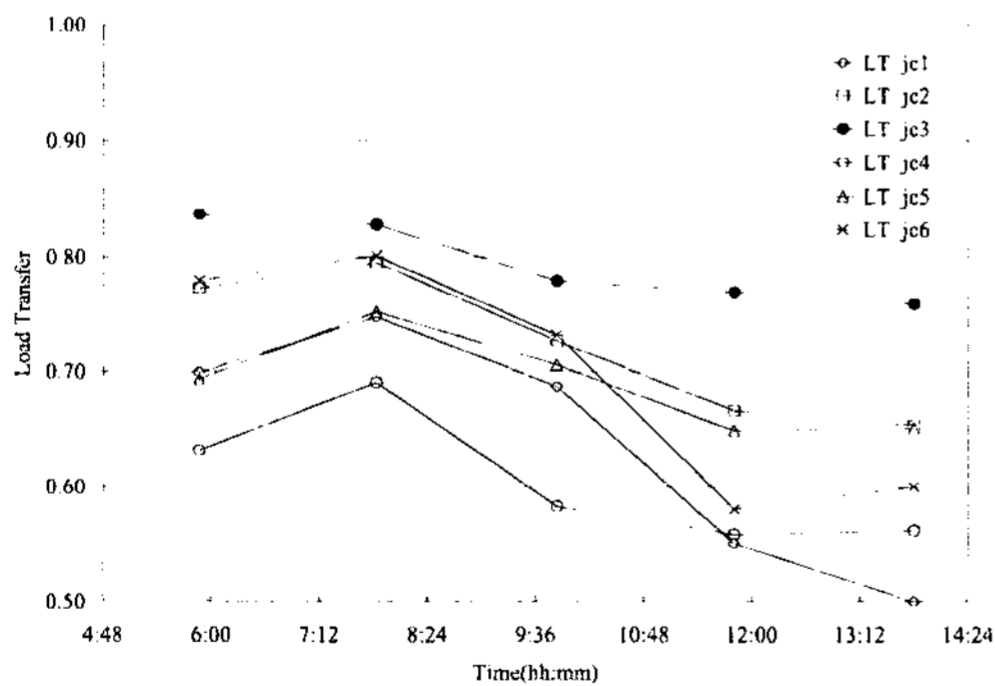
(b) 줄눈 중앙

그림 16. 줄눈부 처짐

그림 17은 줄눈 휠 패스 및 중앙의 하중전달율로 줄눈을 사이에 두고 얻어진 처짐의 비율이다. 범례에서 LT_jwp3 및 LT_jc3은 프리캐스트 슬래브(그림 14에서 c3)에 하중을 가했을 때에 대한 하중전달율이고 LT_jwp4 및 LT_jc4는 프리캐스트 슬래브 인접 슬래브(그림 14에서 c4)에 하중을 가했을 때에 대한 하중전달율이다. 그림에서와 같이 LT_jwp3 및 LT_jc3의 값이 전반적으로 높게 나타났고 LT_jwp4 및 LT_jc4의 값은 다소 낮게 나타났다.



(a) 줄눈 휠 패스

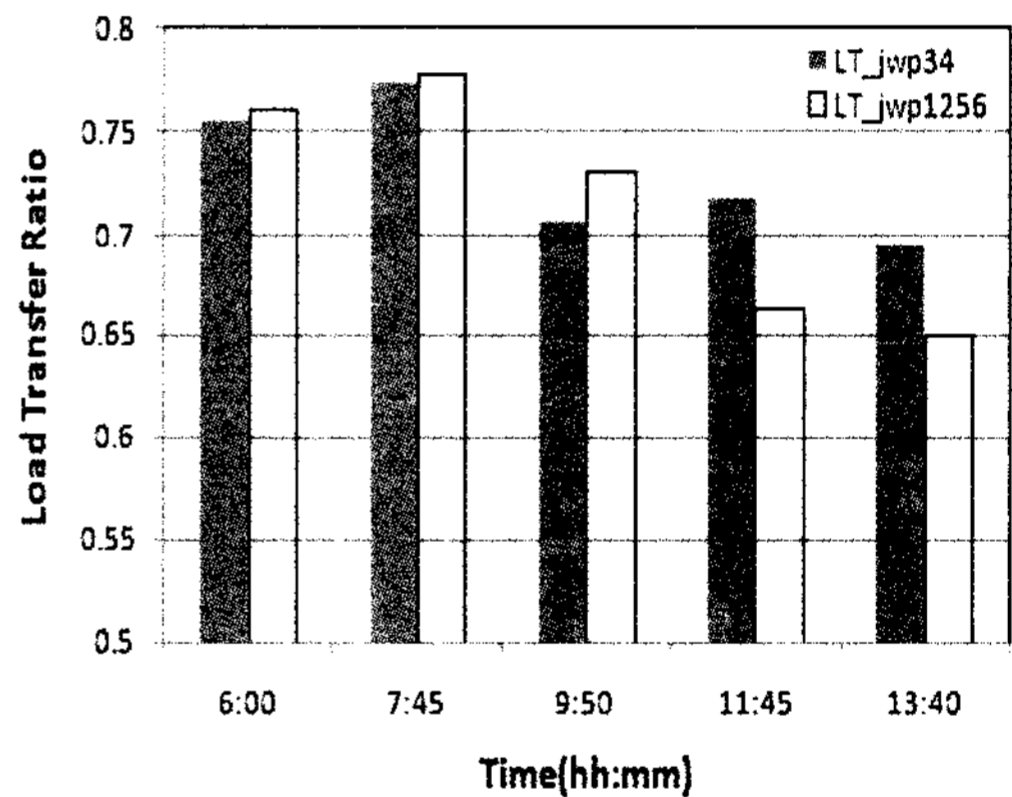


(b) 줄눈 중앙

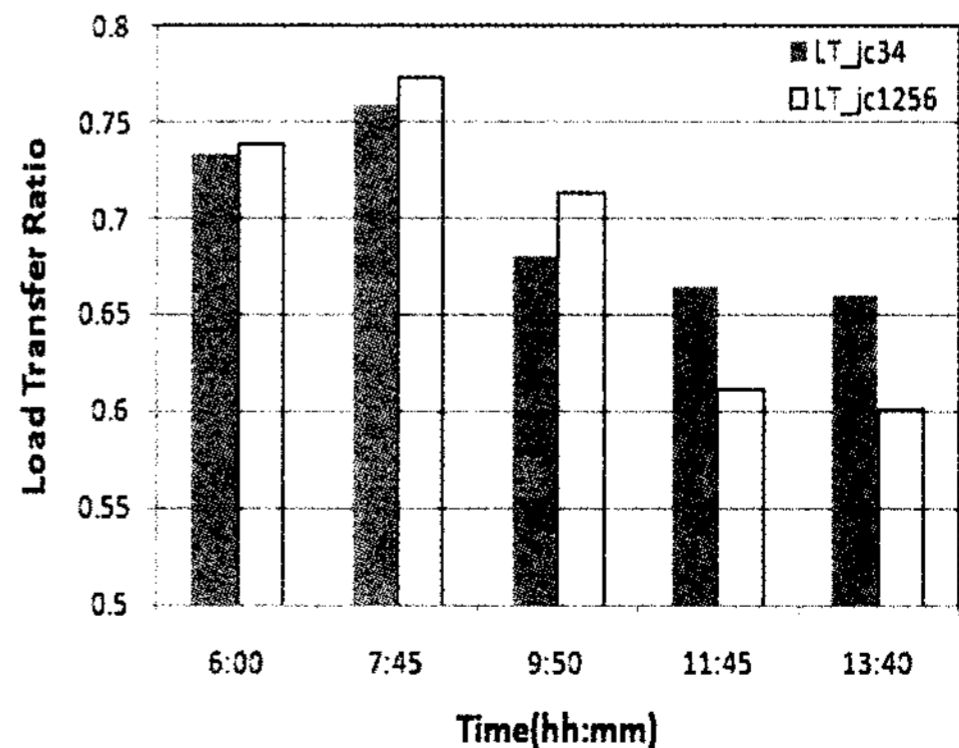
그림 17. 하중전달율

위의 결과를 평균적인 개념으로 표현한 것이 그림 18이다. 즉 그림 18(a)에서는 프리캐스트 슬래브의 줄눈 휠 패스에서의 하중전달율인 LT_jwp3과 LT_jwp4의 평균값을 LT_jwp34로 표현했고 그 이외의 평균값을 LT_jwp1256으로 표현했다. 동일

한 요령으로 줄눈 중앙에서도 평균적인 개념을 도입하여 프리캐스트에서는 LT_jc34로 표현했고 그 이외에서는 LT_jc1256으로 표현했다. 그림 18(a)의 결과를 비교해보면 줄눈 휠 패스 부위에서는 오전 9:50까지는 프리캐스트 슬래브의 하중전달율이 0.6~3.4% 작게 나타났지만 이후에는 7.0~8.3%까지 오히려 크게 나타났다. 이와 유사하게 그림 18(b)의 줄눈 중앙 부위에서는 오전 9:50까지는 프리캐스트 슬래브의 하중전달율이 0.7~4.5% 작게 나타났지만 이후에는 8.8~10.0%까지 오히려 크게 나타났다. 따라서 프리캐스트 슬래브의 줄눈부에서의 하중전달은 전형적인 줄눈부에서의 하중 전달과 거의 유사하다고 판단할 수 있다.



(a) 줄눈 휠 패스



(b) 줄눈 중앙

그림 18. 프리캐스트 슬래브 줄눈부와 일반 슬래브 줄눈부의 하중전달율 비교



5. 결론

본 연구에서는 보수용으로 사용되는 프리캐스트 콘크리트 포장의 하중전달 성능을 평가하기 위하여 실내 전단실험 및 현장 FWD 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

-AASHTO 전단실험방법을 수정하여 실내실험을 통해 다웰바 연결 부분의 그라우팅 효과를 평가할 수 있는 방법을 고안하였다.

-전단실험을 수행한 결과 그라우팅을 한 다웰바의 전단강도는 콘크리트와 일체식으로 된 다웰바의 전단강도에 비해 떨어지지 않았다.

-현장에서의 FWD 실험결과 일반 콘크리트 포장 슬래브에 비해 보수용 프리캐스트 슬래브의 중앙에서의 처짐은 다소 증가하였다. 이는 본 시험 시공 과정에서 발생된 하부지지층의 평탄성 조정 작업 및 슬래브 하부 그라우팅 모르타르 주입방식을 개선함으로써 이러한 문제점을 제거할 수 있을 것으로 판단되며 이에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

-프리캐스트 슬래브 줄눈부에서의 하중전달율은 시간대에 따라 다소 변화가 있지만 전반적으로 기존 포장 슬래브와 거의 유사함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국도로공사 도로교통연구원의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

Buch, N. and Vongchusiri, K. (2005). "The re-emergence of precast concrete panels as a full depth repair alternative-Michigan experience," *5th International Conference on Pavement Technologies, Seoul, Korea. (CDROM)*.

Davis, D. and Porter, M. L. (1998). "Evaluation

of glass fiber reinforced plastic dowels as load transfer devices in highway pavement slabs," 1998 Transportation Conference Proceedings.

Elkins, G. E., McCullough, B. F. and Hudson, R. W. (1979). "Precast repair of continuously reinforced concrete pavement," Report 177-15, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, 90 pp.

Hara, C., Ikeda, T., Matsuno, S. and Nishizawa, T. (1997). "Long term performance of prestressed concrete pavement in Japan," Purdue Conference on Concrete, Indiana.

Hargett, E. R. (1970). "Prestressed concrete panels for pavement construction," *PCI Journal, Precast/Prestressed Concrete Institute, pp. 43-49.*

Merritt, D. K., McCullough, B. F. and Burns, N. H. (2002). "Construction and preliminary monitoring of the Georgetown, Texas precast prestressed concrete pavement," Report 5-1517-1, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, 168 pp.

Merritt, D. K., McCullough, B. F., Burns, N. H. and Schindler, A. K. (2001). "Feasibility of precast prestressed concrete panels for expediting PCC pavement construction," Report 1517-S, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin, 4 pp.

Meyer, A. H., and McCullough, B. F. (1983). "Precast repair of CRC pavements," *Journal of Transportation Engineering, Vol. 109, No. 5, ASCE, pp. 615-631.*

Porter, M. L. et al. (2001). "Investigation of glass fiber composite dowel bars for highway pavement slabs," TR-4088, Iowa Department of Transportation.

김성민 등. (2007). "프리캐스트 포장의 현장적용을 위한 거동계측 및 상세기술 개발", 도로교통



기술원 연구보고서, 한국도로공사, 83 pp.
최재근. (2006). “콘크리트 다웰바의 전단거동 실험
연구”, 석사학위논문, 홍익대학교.

접 수 일: 2008. 5. 6
심 사 일: 2008. 5. 8
심사완료일: 2008. 5. 19