

프리캐스트 슬래브를 도로포장에 적용한 국외사례



강 승 민 | 정회원 · 홍익대학교 건축공학부 박사과정
양 성 철 | 정회원 · 홍익대학교 건축공학부 조교수
김 성 민 | 정회원 · 경희대학교 토목건축대학 토목공학전공 조교수

1. 서론

최근 들어 국내 고속도로는 고급 현장 기술자가 부족하거나 양질의 골재가 부족하여 콘크리트 포장의 시공 품질이 저하되고 있다. 이렇게 시공된 콘크리트 포장은 스케일링, 스폴링과 같은 표면결함이 발생할 가능성이 많으며, 이에 대한 빈번한 보수는 도로 이용자들의 불만을 초래할 수 있다. 반면 국민 소득이 증가함에 따라 도로 이용자들은 고품질의 도로 서비스 제공을 요구하고 있는 실정이다. 이에 급속시공 방법에 의해 고품질의 도로 시스템을 이용자들에게 제공함으로써 도로 서비스의 질을 향상시킬 수 있는 공법의 개발이 필요한 시점이다.

현장에서 타설되는 콘크리트 포장은 재료운반이 용이하며 별도의 작업공간이 요구되지 않는 측면에서는 유리하나, 기후의 영향을 많이 받아 품질관리가 어렵고 양생기간을 필요로 하여 공사기간이 증가되는 단점이 있다. 반면 비교적 최근에 시도되고 있는 포장용 프리캐스트 패널은 공장이나 별도의 장소에서 제작되므로 고품질 부재의 생산과 단순화/기계화된 급속시공이 가능하여 생애비용 측면에서 경제성을 가질 수 있다.

지난 십여 년 전부터 국외에서는 콘크리트 관련 건설 경향이 바뀌고 있다. 유럽에서는 현장타설 공법보다는 공장에서 만든 다양한 형상의 프리캐스트 제품의 사용을 선호하고 있다. 부분적으로는 접합부를 일체화시켜야하는 부담감이 없지는 않지만, 품질관리 및 공기단축 등의 이유로 인해 이 공법을 선호하고 있다.

국내 건설시장에서도 프리캐스트 콘크리트를 이용한 건축물이 증가 추세에 있으며 프리캐스트 콘크리트의 기술력은 나날이 발전하고 있다. 그러나 도로 포장 분야에서의 적용실적은 거의 없는 실정이다. 그나마 한국도로공사에서 단면보수용으로 현장시험 시공을 통해 일부 적용된 사례만 알려지고 있다.

본 특집기사에서는 현재까지 미국과 일본에서 수행한 프리캐스트 적용 실용화의 일부 사례를 소개하고자 한다. 외국의 사례 중에서 국내 현실과 유사한 공법은 가까운 시일 내에 그 적용 가능성을 검토하여 실용화시킬 수 있기를 기대한다.

2. 국외 프리캐스트 콘크리트 슬래브의 적용현황

세계 각국에서는 프리캐스트 콘크리트 슬래브를

이용하여 도로 및 교량 상판의 건설을 하고 있다. 또한 도로포장과 공항포장의 보수를 위해서도 프리캐스트 슬래브를 사용하고 있다. 이러한 예를 들면 다음과 같다.

2.1 도로의 신설을 위한 프리캐스트 슬래브의 사용

2.1.1 미국 사우스 다코다 주 사례

미국 사우스 다코다 주에서는 1960년대에 프리캐스트 슬래브를 이용하여 신설도로를 건설한 경험이 있다. 그림 1과 같이 프리캐스트 프리스트레스트 슬래브를 연결하여 도로를 만들고 상부에 박층의 아스팔트를 사용하여 완성하였다. 슬래브는 그림 2와 같은 접합 장치를 이용하여 연결하였다. 그림 3은 추가로 건설되어진 도로로 처음 구간과는 달리 슬래브를 연결할 때 접합 장치를 이용하지 않

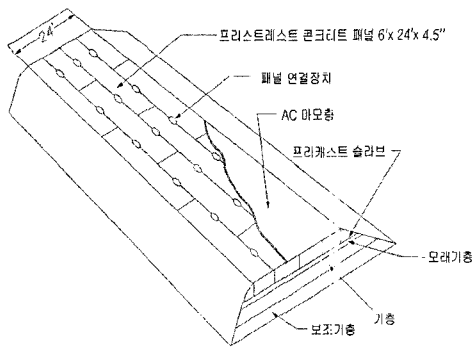


그림 1. 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 슬래브와 아스팔트층을 합성한 도로

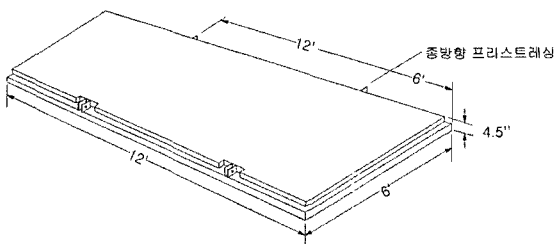


그림 2. 프리캐스트 슬래브 접합 장치

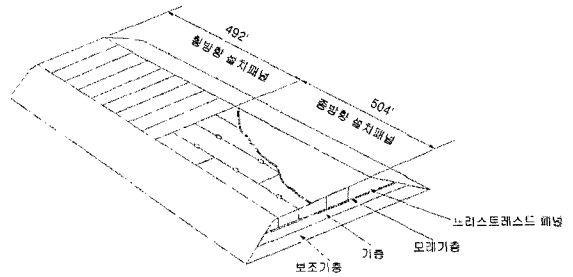


그림 3. 프리캐스트 슬래브가 횡·종방향으로 혼합되어 설치된 사례

았으며, 슬래브의 방향이 횡과 종으로 혼합되어 설치되었다. 미국 사우스 다코다 주에서 수행한 공법의 문제점으로서 상부 아스팔트 층에 반사균열이 생겼으며, 슬래브 접속부분을 시공하는데 어려움을 겪었다.

2.1.2 일본 사례

일본에서는 여러 종류의 프리캐스트 도로포장을 건설한 경험이 있다. 첫 번째 형태는 프리캐스트 슬래브를 아무 연결장치 없이 그냥 나열하는 방식으로 시공한 방법이다. 두 번째 형태는 그림 4와 같이 슬래브 조인트 부분을 프리스트레싱 바를 이용하여 연결한 형태이다. 프리스트레싱 바를 사용하여 슬래브의 연속성을 확보함으로써 전단하중이 완전히 전달 되는 것으로 나타났다.

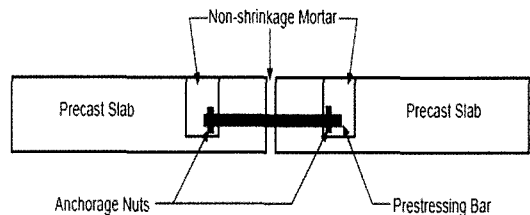


그림 4. 프리캐스트 슬래브와 프리스트레스트 조인트를 사용한 도로

2.1.3 미국 육군 공병단 사례

프리캐스트 조립식 매트 슬래브는 미국 육군에

의해 미사일 운반대로 처음 개발되었다. 프리캐스트 단위 매트 슬래브는 그림 5와 같이 대략 2.7m×3m×68mm(폭×길이×두께) 크기의 리브 형태로 제작되며 경량골재를 사용하여 8~10명 정도가 운반이 가능하다. 제작과정 중 슬래브의 횡방향으로 프리텐션을 가하며 슬래브 체결시 종방향으로 프리스트레스를 가하여 슬래브를 연결한다. 슬래브의 리브 형태가 프리캐스트 슬래브의 자중을 감소시키는 장점이 있지만, 슬래브 사용결과 공용성의 문제점이 나타나 지금은 원래 목적대로 사용되어지지 않는다.

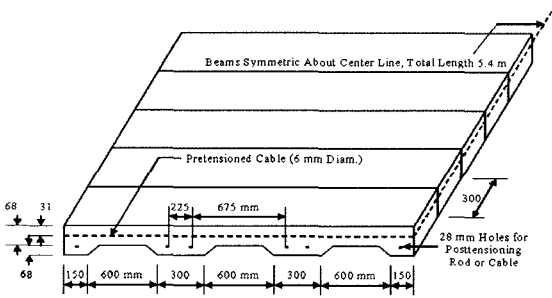


그림 5. 프리캐스트 조립식 매트 슬래브

2.1.4 미국 텍사스 주 사례

미국 텍사스 주에서는 2002년 프리캐스트 프리스트레스트 콘크리트 슬래브를 이용하여 연장 1km가 넘는 길이의 도로를 시범 신설하였다. 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 연속하여 70m 이상 배열한 후, 종방향으로 포스트텐션을 주어 슬래브를 연결하였으며, 횡방향으로는 슬래브를 제작할 때 프리스트레싱을 주어 제작하였다. 그림 6~8은 신설도로에 사용되어진 슬래브의 종류를 나타낸 것으로 그림 9와 같이 중앙슬래브와 조인트슬래브 사이에 여러 개의 기본슬래브를 연결하여 건설되었다.

2.1.5 미국 뉴욕 주 사례

미국 뉴욕 주에서는 Fort Miller 회사에서 개발한 Super-Slab 명칭의 프리캐스트 슬래브를 공항포장

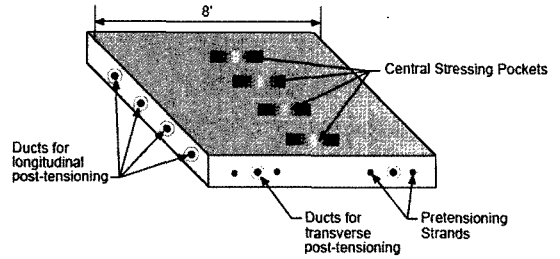


그림 6. 중앙 슬래브

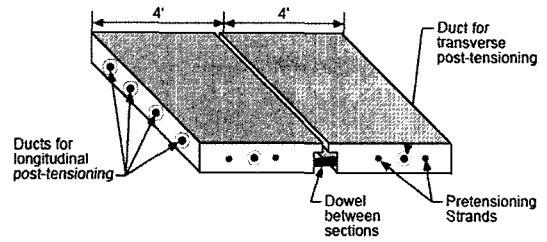


그림 7. 조인트 슬래브

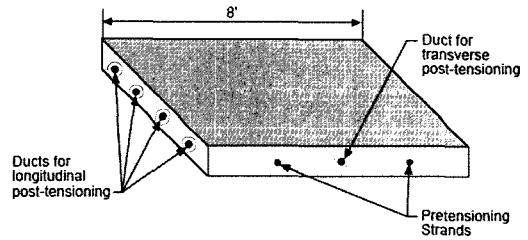


그림 8. 기본 슬래브

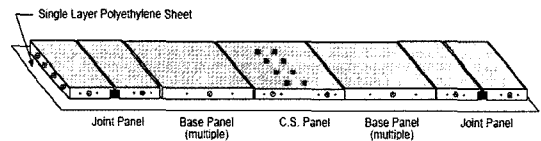


그림 9. 프리캐스트 프리스트레스트 슬래브를 이용한 도로포장

의 유도도로와 고속도로 톨게이트에 많이 적용하고 있다. 이 공법은 전단면 보수공법의 일환으로서, 먼저 기존포장을 제거한 후 신설개념에 준하여 사용되고 있다. 실적은 위의 표 1과 같다.

표 1. Super-Slab 시공실적

| 시공시기 | 발주처 | 노선명 | 슬래브 제원 | | | | 시공 특이점 |
|-------------------|--------------------|-----------------------|--------|--------|----------|--------------------|-------------------|
| | | | 개수(개) | 두께(mm) | 휨강도(MPa) | 제원(m×m) | |
| '01.10 ~'03.6 | 뉴욕주 고속도로 관리위원회 | Tappan Zee 영업소 | 1,064 | 250 | 27.6* | - | 혼잡하지 않은 시간에 시공 |
| '02.10 ~'02.11 | 워싱턴 공항관리위원회 | Dulles 국제공항 유도로 | - | 375 | 5.2 | 3.75×7.5 3.75×6 | 부분적인 시공 후 개방 |
| '02.11 ~'03.3 | 뉴욕시 교통국 | Belt 주차장 | 99 | 250 | 27.6* | 5.4×(1.2 -3.78) | 오르막/내리막 구간 시공 |
| '02.11 ~'03.4 | 뉴욕/뉴저지주 항만관리위원회 | Lincoln터널 | 57 | 300 | 5.2 | 3×4.5 | - |

*** 압축강도**

다음 실적 중 전체 면적이 14,672㎡에 달하는 Tappan Zee 영업소의 공사이력을 살펴보면 다음과 같다. 모든 공사는 차량이 몰리는 혼잡시간을 피해서 하거나 주말에 수행하였다. 공사 순서로는 먼저 기존 포장을 절단한 후 견어낸다. 다음에 프리캐스트의 평탄성 향상을 위해 약 25mm의 성층용 (bedding) 재료를 포설하며(그림 10(a)), 특수 다짐 장비인 SuperGrading을 사용하여 ±1.6mm 오차범위 내에서 지반정리 및 다짐을 실시한 후(그림 10(b)), Super-Slab를 설치한다(그림 10(c-d)). 체결된 다웰바 및 타이바의 빈 자리를 그라우팅재를 사용하여 언더씰링하며 이음부의 씰링작업(그림 10(e))을 수행한다. 최종 마무리로서 평탄성을 점검(그림 10(g))하며 교통개방(그림 10(h))한다.

공사시작은 오전 10시경에 공사구간을 차단하여 1차 작업완료시간인 오후 5시까지 약 260㎡의 면적에 해당되는 기존포장을 제거하며 Super-Slab의 설치를 완료하였다. 2차 작업은 오후 7시에 수행하여 익일 오전 6시경까지 정해진 모든 작업을 마무리하였다. 물론 그라우팅 작업까지 완료되었다. 뉴욕주 고속도로관리위원회에서는 익일 오전 6시 이후에 개통이 늦어지는 시간을 측정하여 1분당 약 ₩1,300,000원의 벌금을 매기며 하루 최대벌금으로서 ₩250,000,000원까지 부과도록 계약하였다.

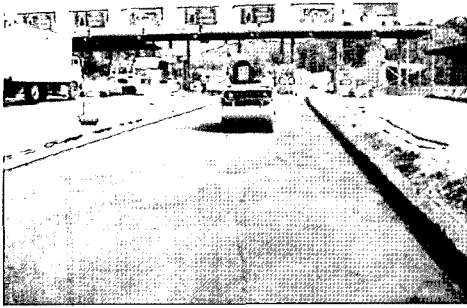
또한 곡선부에는 적절한 곡률반경을 적용하여 사용할 수 있도록 부속제품을 개발하여 사용하고 있다.

2.2 보수를 위한 프리캐스트 슬래브의 사용

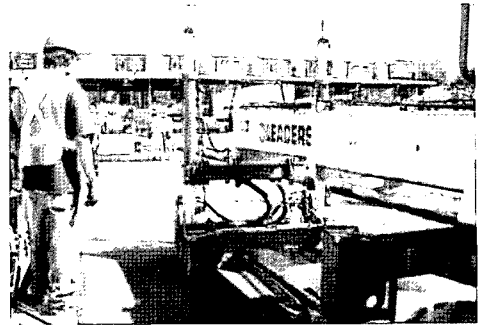
1971년 미국 미시간 주에서는 줄눈철근콘크리트포장(JRCP:Jointed Reinforced Concrete Pavement)의 줄눈부를 보수하기 위하여 프리캐스트 슬래브를 사용하였다. 여기서 사용된 슬래브는 횡방향폭 3.7m, 종방향길이 1.8~3.7m, 두께 200~230mm이었다. 슬래브는 공장에서 제작하여 보수 현장으로 운송하였으며, 보수하기 위해 기존의 슬래브를 제거한 부분에 그라우트를 사용하여 높이를 조절한 후에 내려놓아 조립하여 시공하였다. 이러한 보수를 위하여 차량의 통행 제한 시간은 다웰바를 사용하지 않은 부분은 불과 1시간 25분, 다웰바를 사용한 부분도 2시간 40분에 지나지 않았다. 따라서 사용자의 불편을 최소화하며 효과적인 보수를 할 수 있었다.

1972년 미국 플로리다 주에서는 무근콘크리트포장(JCP:Jointed Concrete Pavement)의 깨진 부분을 보수하기 위하여 프리캐스트 슬래브를 이용하였다. 보수공사는 야간에 이루어졌으며 4개의 슬래브를 교체하는데 약 8시간이 소요되었다.

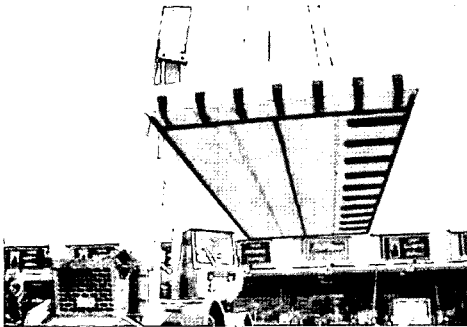
1981년 미국 텍사스 주에서는 연속철근콘크리트포장(CRCP:Continuously Reinforced Concrete



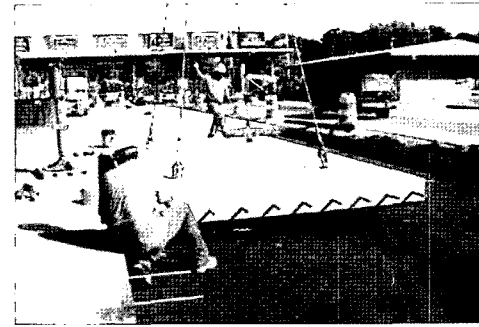
(a) 성층용 재료의 포설 및 다짐



(b) SuperGrading의 사용



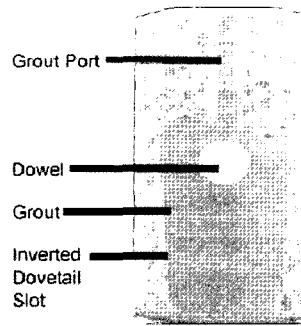
(c) 슬래브 인양



(d) 슬래브 설치



(e) 그라우팅재를 이용한 쉐링작업



(f) 밀실하게 그라우팅 된 코아시편



(g) 평탄성 마무리 작업



(h) 교통개방 및 일부 후속공정작업

그림 10. Super-Slab 설치과정

Pavement)의 보수를 위하여 프리캐스트 슬래브를 사용하였다. 보수가 필요한 부분을 잘라서 제거하고 프리캐스트 슬래브를 모르타르를 깐 위에 올려놓고 철근을 용접하여 연결하였다. 보수한 부분의 높이를 맞추기 위하여 그림 11과 같이 레벨링빔(leveling beam)을 사용하였다.

1974년 미국 캘리포니아 주에서는 벤추라 고속도로의 콘크리트포장을 프리캐스트 슬래브를 이용하여 보수하였고, 뉴욕 주에서는 태판지교의 영업소 광장포장을 그림 12와 같이 프리캐스트 슬래브로 보수하였다. 그 외에도 도로포장의 보수를 위하여 프리캐

스트 슬래브는 계속 사용되어 왔다.

도로포장 뿐만 아니라 공항포장에서도 프리캐스트 슬래브를 사용한 보수가 미국의 워싱턴 델러스 국제공항에서 시행된 바 있다(그림 13). 기본 개념은 도로포장의 보수와 동일하며 비행기 이착륙이 적은 야간에 시공되었다.

3. 맺음말

현재 외국에서는 프리캐스트 콘크리트를 이용한 구조물이 경제적, 구조적, 미적, 유지관리 측면에서 장점이 있다는 연구 및 실용화 결과로 인해 공법의 사용빈도가 점점 늘어나고 있다. 아울러 프리캐스트 프리스트레스트 슬래브에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 한편, 우리나라는 현재 프리캐스트의 중요성을 조금씩 인식해가고 있으며, 몇몇 연구자들에 의해서 기초연구를 수행하고 있는 실정이다. 본 특집기사에서는 현재까지 미국과 일본에서 수행한 프리캐스트 공법 실용화 사례 중 대표적인 일부 사례를 소개하였다. 조만간 외국의 사례 중에서 국내 현실상 적용 가능한 공법을 국내에 도입하여 실용화할 수 있기를 기대한다.

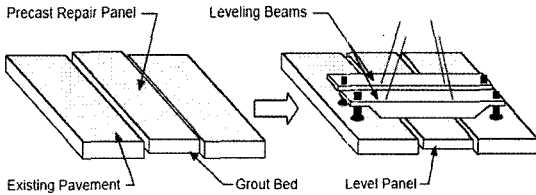


그림 11. 도로포장 보수를 위한 프리캐스트 슬래브의 사용

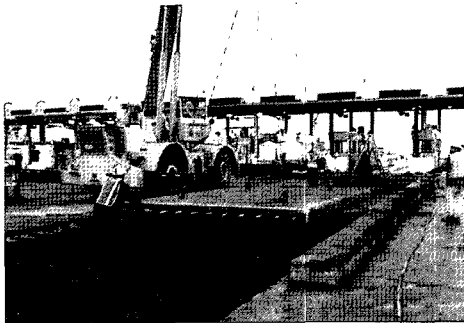


그림 12. 도로포장의 보수사례

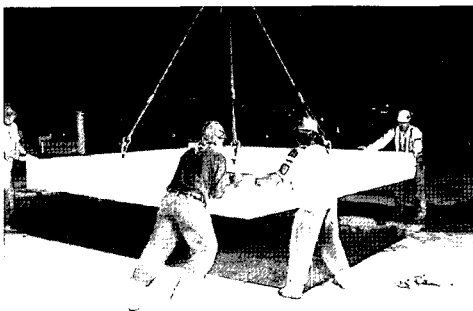


그림 13. 공항포장 보수사례

참고문헌

1. H. Thomas Yu, "Precast Concrete Pavement Construction," 콘크리트 포장 유지관리 보수방안 세미나, 한국도로공사 도로교통기술원, 2005. 5.
2. Fort Miller (<http://www.fortmiller.com>).
3. 시멘트 콘크리트 포장 유지보수 및 시공, 한국도로공사 자료.
4. 특집 "최근 프리캐스트 콘크리트의 신기술", 콘크리트 학회지 제16권 5호.