

조립식 포장 공법의 특수요소기술 개발

Development of Distinctive Elements for Precast Pavements

조영교* · 김성민** · 양성철*** · 박원주****

Cho, Young Kyo · Kim, Seong-Min · Yang, Sung Chul · Park, Won Joo

1. 서 론

도로포장은 표면처리 형식에 따라서 연성포장과 강성포장으로 구분하며 연성포장의 대표적인 공법으로는 아스팔트 포장이 있으며 강성포장의 대표적인 공법으로는 콘크리트 포장이 있다.

아스팔트 포장은 포설 후 몇 시간 후면 차량통행이 가능하며 국내에서도 많은 기술적 노하우가 있으므로 가장 일반적으로 적용되고 있는 도로포장 공법이다. 그러나 아스팔트 포장은 특성상 고온과 정지하중에 취약하여 대부분의 포장손상이 러팅, 표면밀림 등과 같은 영구변형의 형태로 나타는 단점이 있으며 내구성이 좋지 못하여 약 5년 주기로 재포장을 실시하는 등의 유지관리 측면에서 경제성이 좋지 못한 문제점이 있다.

콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비하여 내구성이 뛰어나며 유지관리 비용이 훨씬 적은 것으로 알려져 있다. 콘크리트 포장의 손상에 대해서는 다양한 패치공법이 존재하며 기존 콘크리트 포장면 위에 실시하는 본디드(bonded) 덧씌우기와 기존 포장면과 신규 포장면 사이에 아스팔트를 포설한 후 콘크리트 덧씌우기를 실시하는 언본디드(unbonded) 덧씌우기 등이 존재한다. 하지만 콘크리트 포장도 소정의 강도를 얻기 위하여 일정 시간의 양생기간이 필요하여 차량통행에 큰 지장을 초래할 수 있을 뿐만 아니라 하면에 발생된 균열은 반사 균열 형태로 상부 콘크리트 포장면에 영향을 초래하는 문제점이 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 기술로 도로포장용 프리캐스트 콘크리트 패널을 사용한 포장 방법이 있다(김성민 등, 2007, 2008). 프리캐스트 콘크리트 패널은 하부 기층을 평탄하게 처리한 후 그라우팅 포트에 연통된 분배호의 내부로 주입되는 몰탈에 의해서 패널과 하부층과의 공간을 채워주는 방식이다. 따라서 패널 몸체의 미세한 수평조절이 매우 중요시 되며 패널 간의 손쉬운 연결 방법도 중요한 요소라 할 수 있다.

본 연구는 효율적이며 내구성 있는 프리캐스트 콘크리트 포장 공법을 적용하기 위한 기술로 패널몸체의 미세한 레벨링 및 리프팅이 동시에 가능한 프리캐스트 포장 요소 기술과 프리캐스트 패널의 결합 방법에 관한 요소 기술을 개발하기 위하여 수행되었다. 이러한 연구의 내용 및 결과를 본 논문에서 소개하도록 한다.

2. 프리캐스트 패널 레벨링 및 리프팅

프리캐스트 콘크리트 패널을 리프팅하기 위해서는 그림 1에 보인 바와 같이 리프팅을 위한 요소 부재를 미리 삽입하여 놓아야 하며 그림 2와 같은 방법을 이용하여 패널을 리프팅하게 된다. 또한 패널을 안착한 후에 높낮이를 조절할 수 있는 요소 부재도 패널 내부에 삽입하여 놓아야 한다. 이와 같이 리프팅 및 레벨링 요소 부재는 부재의 효력을 마친 후에는 그라우팅을 하여서 표면에서 감춰져야 하기 때문에 가능한 한 개수를 최소화하여 그라우팅 부피를 감소시키며 아울러 그라우팅 부분에서의 결함이 발생할 확률도 감소시켜야 한다.

* 학생회원 · 경희대학교 토목공학과 석사과정 · 031-201-3799(E-mail : brain@khu.ac.kr)

** 정 회원 · 경희대학교 토목공학과 교수 · 교신저자 · 공학박사 · 031-201-3795(E-mail : seongmin@khu.ac.kr)

*** 정 회원 · 홍익대학교 공학대학 건축공학과 교수 · 공학박사(E-mail : scyang@hongik.ac.kr)

**** 비 회원 · 동일기술공사 부설기술연구소 선임연구원(E-mail : bondpak@naver.com)

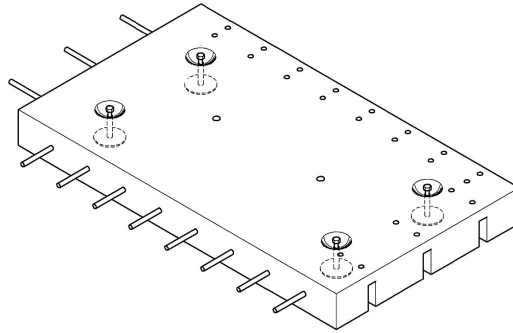


그림 1. 프리캐스트 패널 리프팅 요소 부재

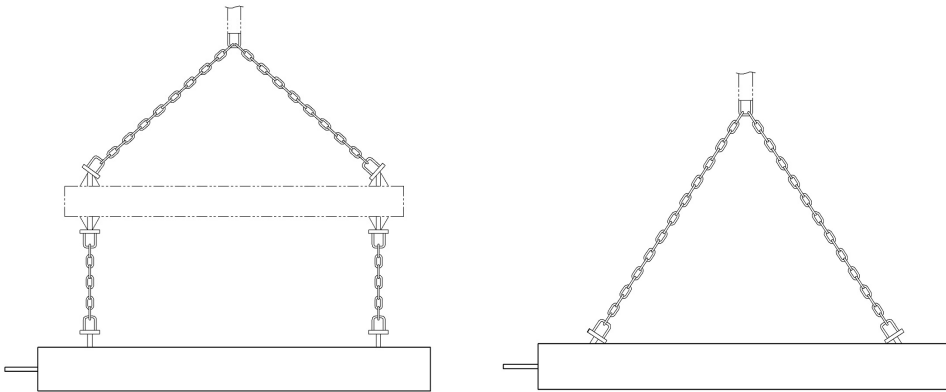


그림 2. 프리캐스트 패널 리프팅 방법

프리캐스트 패널의 리프팅 및 레벨링을 함께 효과적으로 수행할 수 있는 복합 부재를 본 연구에서 개발하였으며 그림 3에 개략도를 나타내었다. 우선 패널몸체는 관통부, 너트부재, 볼트부재 및 지지부재로 이루어진다. 관통부는 상기 패널몸체의 내부에 수직으로 관통 형성됨과 아울러 상호 일정간격 이격되어 복수개가 형성된다. 너트부재는 상기 관통부 내에 삽입 결합되며 관통부의 하부측에 결합된다. 이때 너트부재의 길이는 상기 패널몸체의 높이와 전체중량 및 패널몸체를 리프팅하는 양중기(크레인, 리프트 등)에 따라 달라진다. 이는 그림 2의 좌측 방법과 같이 양중기의 공구가 패널몸체와 수직인 상태에서 양중하는 경우 별 문제가 없으나 그림 2의 우측 방법과 같이 양중기의 공구가 패널몸체와 사선인 상태에서 양중하는 경우 편심에 의해 발생하는 휨모멘트를 볼트부재가 견딜 수 있는 범위로 너트부재의 길이가 결정 된다. 볼트부재는 관통부를 통해 너트부재에 볼트 결합됨과 아울러 상단에는 패널몸체의 양중 또는 수평 조절을 위한 별도의 공구와 장착되도록 머리부가 확장 형성된다. 머리부는 패널몸체를 양중할 때에는 그림 3의 좌측과 같이 양중기의 공구가 장착되고 패널몸체의 수평을 조절할 때에는 그림 3의 우측과 같이 볼트부재를 회전시키기 위한 공구가 장착된다. 하지만 양중기의 공구가 패널몸체와 사선인 상태에서 양중하게 되면 볼트부재가 휘어질 수 있으며 이때 볼트부재가 과도하게 휘게 되면 관통부와 마찰하게 되면서 관통부가 파손될 수 있다. 따라서 관통부의 내주면에 원통부재를 설치하면 볼트부재의 변형 시 볼트부재를 지지하여 과도한 변형을 방지함과 아울러 관통부의 파손을 방지하게 된다.

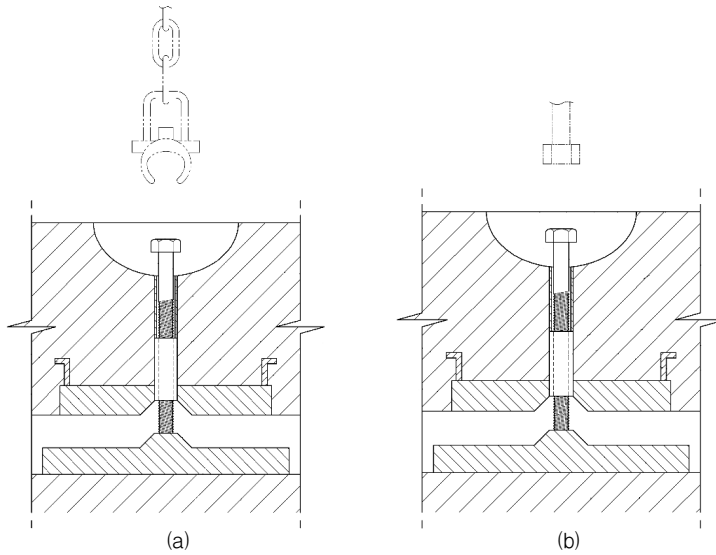


그림 3. 리프팅 및 레벨링 겸용 부재

양중기로 패널물체를 양중하기 위해서 양중기의 공구를 볼트부재의 머리부에 장착해야하기 때문에 관통부의 상부에 반구 형상의 홈을 형성하게 되면 공구를 볼트부재의 머리부에 원활하게 장착할 수 있게 된다. 아울러 양중기의 공구가 상기 패널물체와 사선인 상태에서 양중하는 경우 상기 공구가 패널물체와 마찰을 일으켜 패널물체가 파손될 수 있지만 그림 3.에서와 같이 반구 형상의 홈을 형성하게 되면 이러한 문제도 방지할 수 있다.

지지부재는 너트부재를 중심으로 하는 원형 철판으로 이루어질 수도 있고 너트부재의 외주면에 방사상으로 복수개의 플레이트를 결합하여 이루어질 수도 있다. 또한 지지부재의 가장자리 단부측에는 패널물체에 매립되는 커넥터가 설치된다. 즉 상기 커넥터를 통해 상기 지지부재와 패널 물체간에 결합력이 증대되어 지지부재가 패널물체로부터 이탈되는 것을 방지하게 된다. 그리고 볼트부재의 회전을 통해 패널물체의 수평조절시 도로의 기층이 파이면서 부등침하가 발생하는 것을 방지할 수 있도록 볼트부재와 대응하는 도로의 기층상에 지지판이 설치된다. 따라서 패널물체의 수평조절을 위해 볼트부재를 회전시킬 경우 볼트부재의 하단부가 지지판의 상측면에 접촉하기 때문에 도로의 기층이 파이지 않고 부등침하도 발생하지 않는다. 이때 지지판에서 상기 볼트부재가 접촉하는 부분에는 패널물체의 집중하중이 볼트부재를 통해 작용할 수 있으므로 이에 대응하기 위해 볼트부재가 접촉하는 지지판의 상측면에는 보강부가 돌출 형성되어 지지판을 보강하게 된다.

지지부재에는 지지판의 보강부와 대응하는 위치에 보강부와 동일 형상으로 홈이 형성된다. 패널물체의 수평조절시 지지판에 돌출 형성된 보강부와 간섭이 발생하지 않도록 하기 위한 것 만 아니라 콘크리트 성형시 레이턴스가 너트부재의 하면에 발생하는 것을 방지하기 위함이다. 그리고 패널물체에 설치되는 복수개의 관통부, 너트부재, 볼트부재는 상기 패널물체의 수평 조절(높이조절)을 위해서는 최소 3개 지점에 설치되어야 하나, 양중을 위해서 4~6개 지점에 설치되는 것이 바람직하다. 이 경우 상기 패널물체가 정사각형에 가까운 경우 모서리측에 4개를 설치하고, 장방형인 경우 모서리측에 4개 및 필요시 장방향으로 2개 추가할 수 있으며 경우에 따라서는 중앙부에 1개 추가로 설치할 수 있다.

3. 프리캐스트 패널 결합 방법

도로포장용 프리캐스트 콘크리트 패널은 도로의 기층상에 설치되며 관통부, 너트부재, 볼트부재, 지지부재가 구비된 패널몸체와 인접하는 다른 패널몸체를 결합하도록 패널몸체의 가장자리 측에 설치되는 결합수단을 포함하여 이루어진다. 인접하는 패널몸체를 상호 결합하기 위해 일반적으로 그림 4에서와 같이 일측 패널몸체에는 연결부재를 형성하고 타측 패널몸체에는 연결부재와 대응하는 위치에 충전슬롯을 형성하여 이루어진다. 이때 충전슬롯이 형성된 패널몸체에는 상기 충전슬롯으로 몰탈을 주입할 수 있도록 그라우트 포트가 형성된다. 연결부재와 충전슬롯을 이용하여 패널몸체를 순차적으로 연결하면서 설치하게 되는데 이때 패널몸체의 그라우트 포트를 통해 몰탈을 주입하여 충전슬롯 내에 결합된 연결부재를 고정하게 된다.

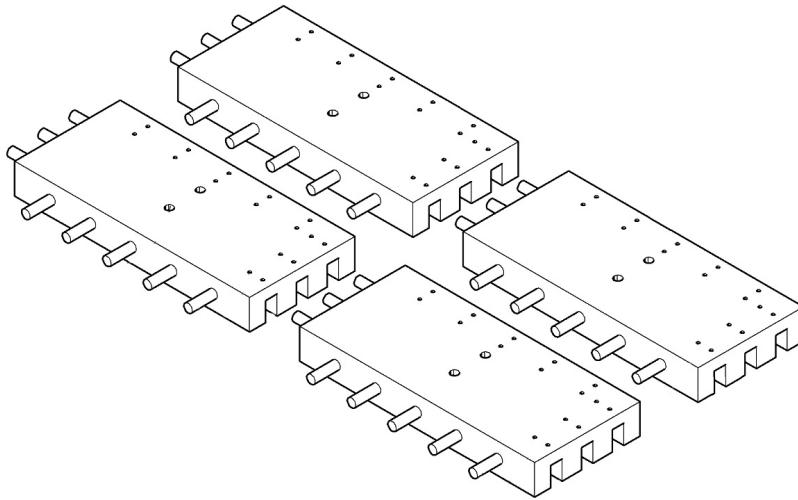


그림 4. 일반적인 프리캐스트 패널 결합 방법

그림 4에 나타난 결합 방법은 다웰바 및 타이바의 위치가 정확하지 않더라도 포켓의 크기가 다소 크기 때문에 어느 정도의 제작 오차를 수용할 수 있는 장점이 있지만 그라우팅 부피가 증가하여 경제성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 그라우팅을 최소화 할 수 있는 결합 방법을 개발하였으며 그림 5에서 이러한 방법을 보여준다.

이러한 결합수단의 구성요소는 패널몸체의 가장자리 내부에 설치되며 외주면에는 상측방향으로 주입부가 연장 형성된 제1파이프, 패널몸체와 인접하는 다른 패널몸체의 가장자리 내부에 설치되며 제1파이프와 대응하는 위치에 설치되는 제2파이프, 제1, 2파이프의 내부에 양단부가 걸쳐지도록 삽입 설치되는 연결바(다웰바 또는 타이바) 및 제1, 2파이프 및 주입부의 내부에 채워져 형성되는 그라우팅재로 구성된다.

도로상에 패널몸체들을 복수개의 배열 설치할 때 이러한 결합수단을 통해 각각의 패널몸체 상호간을 결합하게 된다. 제1파이프는 패널몸체의 가장자리 내부에 수평방향으로 설치되며 주입부는 제1파이프의 외주면에 상측방향으로 향해 수직으로 형성된다. 이때 제1파이프의 일단부는 인접하는 다른 패널몸체의 제2파이프와 연통하며 타단부는 주입부를 통해 패널몸체의 상측과 연통하게 된다. 연결바는 제1, 2파이프의 내부에 삽입 설치되며 양단부가 제1, 2파이프에 걸쳐지도록 설치된다. 즉 연결바는 패널몸체들을 도로상에 설치할 때 제1파이프의 내부에 미리 삽입된 상태로 설치되며 이후 패널몸체들을 밀착 설치한 후에는 제1파이프의 주입부를 통해 주입되는 압축공기에 의해 제2파이프측 방향으로 이동하게 되면서 일단부는 제1파이프에 걸쳐지게 되고 타단부는 제2파이프에 걸쳐지게 된다. 따라서 연결바의 외경은 제1파이프 내에서 압축공기에 의해 쉽게 이동할 수 있어야 하므로 제1파이프의 내경 보다 작게 형성되는 것이 바람직하고 제2파이프의 내경은 제1

파이프의 내경 보다 크게 형성되는 것이 바람직하다.

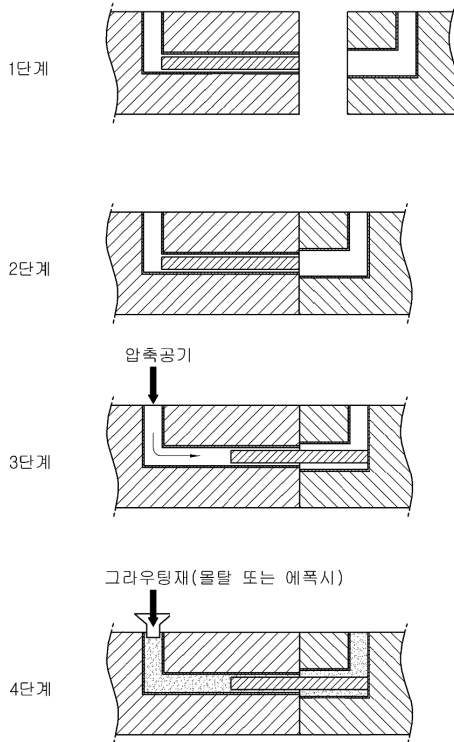


그림 5. 패널 결합 방법

제1파이프의 길이는 연결바의 길이와 같거나 크고 제2파이프의 길이는 연결바의 길이 보다 작은 것이 바람직하다. 이때 제2파이프의 길이는 연결바의 길이의 절반 크기로 형성되는 것이 더욱 바람직하다. 즉 연결바가 제1파이프의 내부에 완전히 삽입된 상태에서 패널몸체가 설치되기 때문에 제1파이프의 길이는 최소한 연결바의 길이와 같거나 커야하며 또한 제2파이프의 길이를 연결바의 길이 보다 작게 형성해야 제1파이프 내에서 압축공기에 의해 제2파이프로 이동하는 연결바의 양단부가 제1, 2파이프에 모두 걸쳐지게 되는 것이다. 제2파이프의 길이를 연결바의 절반 크기로 형성하게 되면 연결바의 양측이 동일비율로 제1, 2파이프에 걸쳐지게 되어 가장 안정적이다. 그리고 그라우팅재는 상호 인접하는 각 패널몸체의 제1, 2파이프에 연결바가 걸쳐지게 설치된 후, 제1파이프의 주입부를 통해 제1, 2파이프의 내부에 채워지게 된다. 그라우팅재는 제1, 2파이프 및 주입부의 내부까지 모두 채워지게 되며 이때 그라우팅재를 주입할 때에는 제1파이프의 단부측에 형성된 주입부를 통해 주입하는 것이 바람직하지만 제2파이프에 형성된 주입부를 통해서도 주입이 가능하다.

구체적으로 설명하면 제1단계는 패널몸체의 가장자리 내부에 설치된 제1파이프의 내부에 연결바를 삽입한다. 이때 연결바는 제1파이프의 내부에 완전히 삽입한다. 제2단계는 연결바가 삽입된 패널몸체와 가장자리 내부에 제2파이프가 설치된 다른 패널몸체를 도로에 안착 배열한다. 도로에 배열되는 패널몸체들은 상호 밀착되게 되며 이때 상호 결합되는 패널몸체의 마주하는 면측에 제1, 2파이프가 위치하도록 한다. 여기서 패널몸체는 직사각형 형태로써 패널몸체의 외측으로 별도의 구조물이 돌출되지 않기 때문에 패널몸체의 설치작업을 신속하게 할 수 있으며 설치과정에서 패널몸체의 파손도 방지할 수 있다. 제3단계는 제1파이프를 외부와 연통시키는 주입부를 통해 압축공기를 주입하여 제1파이프내의 연결바를 제2파이프측 방향으로 이동시켜 연결바의 양단부를 제1, 2파이프에 걸쳐지게 하는 단계이다. 여기서 연결바를 이동시키기 위해 압축공기 이

외에 밀대 등을 이용할 수도 있다. 이때 압축공기는 제1파이프의 단부측에 형성된 주입부를 통해 주입하는 것이 바람직하며 압축공기에 의해 제2파이프측 방향으로 이동하는 연결바는 절반 부분만 제2파이프의 내부로 삽입되기 때문에 연결바의 양단부가 제1, 2파이프에 모두 걸처지게 된다. 4단계에서는 주입부를 통해 제1, 2파이프 및 주입부의 내부에 그라우팅재를 주입한다. 그라우팅재는 몰탈 또는 에폭시 중 어느 하나로 이루지는 것이 바람직하지만 이 외에도 다양한 재질을 사용할 수 있다. 또한 그라우팅재를 주입할 때는 제1파이프의 단부측에 형성된 주입부를 통해 주입하는 것이 바람직하지만 그라우팅재가 제1, 2파이프 및 복수개의 주입부 모두에 빈공간 없이 채워질 수 있도록 제2파이프에 형성된 주입부를 통해서도 그라우팅재를 주입할 수 있다.

4. 결 론

본 연구를 통해서 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- 도로의 신설 및 유지보수를 위해 복수개의 패널몸체를 상호 결합하여 도로를 포장할 때 패널몸체의 복수 지점에 설치된 너트부재 및 볼트부재를 통해 패널몸체의 리프팅과 레벨링을 겸용으로 할 수 있도록 구조를 개선함으로써 패널몸체의 미세한 수평조절이 가능하고 패널몸체의 양중을 간편하게 할 수 있다.
- 패널몸체의 관통부에 원통부재를 설치함으로써 볼트부재의 과도한 변형이 방지되고 이로 인해 관통부의 파손도 방지할 수 있다.
- 패널몸체의 관통부 상부측에 반구 형상의 홈을 형성하여 작업공간을 확보해줌으로써 패널몸체를 리프팅 및 레벨링 하기 위한 별도의 공구의 장착 작업을 원활하게 할 수 있고 리프팅하는 과정에서도 공구의 이동 범위가 보다 반구 형상의 홈의 크기가 크므로 패널몸체와의 간섭 및 파손이 방지될 수 있다.
- 볼트부재와 대응하는 도로의 기층상에 지지판을 설치함으로써 패널몸체의 레벨링을 위해 볼트부재를 회전시킬 때 볼트부재의 하단부가 지지판에 접촉되어 지지되기 때문에 도로의 기층이 파이지 않고 부등침하가 발생하지 않게 된다.
- 상호 인접하는 패널몸체의 가장자리 내부에 각각 제1파이프 및 제2파이프를 설치하고 제1, 2파이프에는 연결바의 양단부가 걸처지게 설치한 후 제1,2파이프 내에 그라우팅재를 주입하도록 함으로써 패널몸체의 외측면에 돌출 형성되는 구조물이 없기 때문에 패널몸체의 이송이 간편하고 이송 시 파손이 방지됨과 아울러 이로 인해 패널몸체의 설치가 간편하고 그라우팅 재료의 분량도 감소하게 된다.

참고 문헌

1. 김성민, 조병휘, 한승환. (2007). “프리캐스트 콘크리트 포장 시공시 최적 슬래브 리프팅 위치,” 한국도로학회논문집, 한국도로학회 Vol. 9, No. 2, pp. 27-37.
2. 김성민, 박희범, 양성철, 한승환. (2008). “신설 프리캐스트 콘크리트 포장 시공방법 및 설계지침 개발,” 한국도로학회논문집, 한국도로학회 Vol. 10, No. 2, pp. 193-203.