

콘크리트 포장 기술 개선 방향

권 수 안*

<한국건설기술연구원 도로연구부>

1. 서 론

국내 도로에 콘크리트 포장이 본격적으로 도입된 것은 1980년대 중반 88고속도로가 준공되면서부터 라고 할 수 있다. 이때부터 콘크리트 포장은 고속도로를 중심으로 시장규모가 증가되어 왔다. 그렇지만, 최근 삶의 질 향상에 따라 이용자들이 쾌적한 포장을 요구하며, 콘크리트 포장에 대한 기술 개발의 미비로 인해 점차적으로 콘크리트 포장의 몰량이 감소되고 있는 상황이다. 또한 국가 기준의 미비로 인해 기존에 건설된 콘크리트 포장에 대한 조기 파손이 발생하고 있을 뿐 아니라, 획일적인 공법의 선정 등으로 인해 국가 예산이 낭비되는 사례가 종종 나타나고 있다.

도로 포장에 사용되는 주된 재료인 아스팔트 포장에 비하여 콘크리트 포장은 내구성이 우수하여 경제성이 다른 공법에 비하여 우수함에도 불구하고, 일반 시민이 요구하는 기술 개발의 미비 및 품질관리의 미비 등으로 인해 활성화가 지연되고 있는 실정이다.

따라서, 본 고에서는 일반 시민에게 삶의 질 향상을 제공하고, 콘크리트 포장의 활성화를 위해 향후 수행해야할 기술개발 항목들을 계획, 설계, 시공, 유지관리 등의 측면으로 나누어서 언급하고자 한다.

2. 계획적 측면

도로를 계획하는데 있어 포장의 형식 선정 기

준이 정성적으로만 되어 있고, 정량적인 측면은 제시되어 있지 않아 과거의 경험에 의해 형식적으로 포장 형식을 선정하고 있다. 다만, 도로설계편람에서는 교통량에 근거하여 콘크리트 포장의 형식 선정 기준이 제시되어 있으며, 한국도로공사도 내부적 규정을 만들어서 사용하고 있으나, 이마저 강제 규정이 아니므로 대부분의 국도에서는 아스팔트 포장으로 설계 및 시공되고 있으며, 지방도 역시 아스팔트 포장 위주로 설계 및 시공되어 있다.

그렇지만, 부산, 인천 등과 같은 항구도시 및 포항제철, 광양제철 등의 주변 도시 그리고 제철 등의 산업 물동량이 많은 도시의 주요 도로에서는 아스팔트 포장보다는 콘크리트 포장의 수명이 오래가고, 이로 인한 국가 예산을 절감할 수 있는 근간이 된다. 과거의 경험에 따르면 이들 구간에서는 아스팔트 포장 및 개질 아스팔트 포장 등으로 시공하게 되면 수명이 계획 수명 10년을 미쳐 채우지 못하는 경우가 많음을 알 수 있다.

또한 일반 도심지에서의 현황을 보게 되면, 최근에는 대중교통의 우선주의 원칙에 따라 버스 전용차로가 많이 활성화되고 있다. 버스 전용차로에 설치된 포장형식은 칼라아스팔트 포장이었지만, 대부분 2~3년도 채 되지 않아 포장이 파손되었다. 즉, 버스도 중차량으로 분류할 수 있으므로 이들 구간에서는 콘크리트 포장이 아스팔트 포장보다는 경제성 측면에서 우수하다는 것이다. 많은 외국의 경우를 보게 되면 버스 정차대 같은 경우는 아스팔트 포장보다는 콘크리트 포장으로 시공하는 경우가 많으며, 도심지 주요

도로에서도 유지보수의 횟수를 저감하기 위해 콘크리트 포장으로 시공하는 경우가 많이 있다.

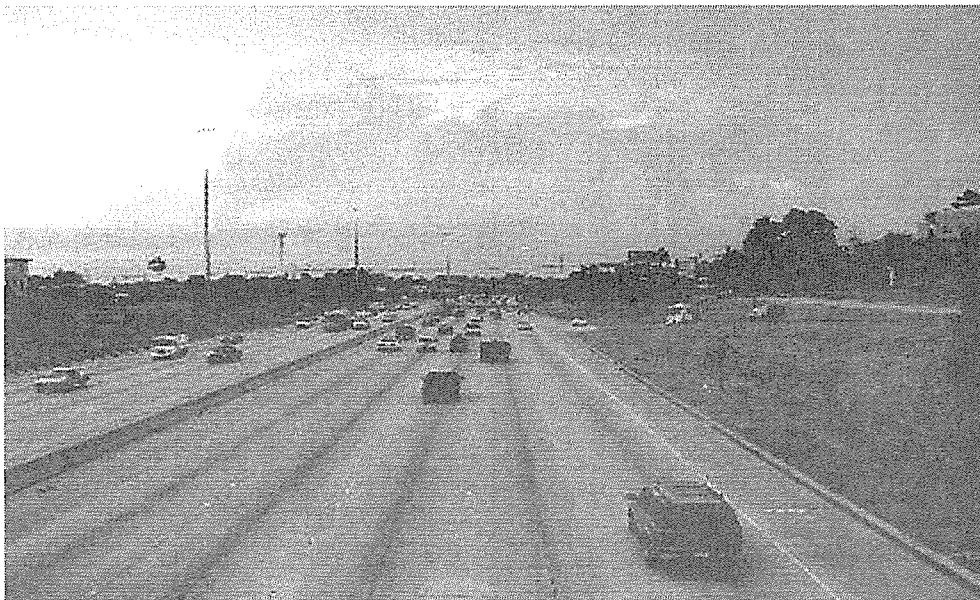
계획적 측면에서 또 다른 항목은 재활용의 활성화이다. 최근 들어 기존에 건설한 콘크리트 포장이 확장 공사 또는 재포장의 경우가 발생하여, 기존 포장을 철거하고 신설 포장을 건설해야 한다. 이 경우 기존의 콘크리트는 포장의 하부층 또는 슬래브 표층으로도 활용할 수 있으나, 기술 개발의 미비 또는 홍보의 부족 등으로 인해 포장 형식의 선정 때 제외되고 있는 상황이다.

3. 재료 생산 및 배합설계 측면

콘크리트 포장에 함유되는 재료는 조골재, 세골재, 시멘트, 물, 혼화제 등이 될 수 있다. 이들 자재원에 대하여 현재 시방기준에 언급되어 있는 내용들은 대부분 일반 콘크리트 구조물에서 사용되고 있는 것 중심으로 되어 있다. 즉, 콘크리트 포장에서 중요시 되는 열팽창계수, 건조수축 계수 등에 대한 실험 기준 및 시방 기준 등이 제시되어 있지 못하다. 또한 콘크리트 포장은 고강도 콘크리트가 필수적인 것은 아니다. 콘크리트 포장은 일정 수준 이상의 휨 인장강도만 만족하면 되므로, 고 비용을 들여서 고강도를 할

필요성이 없으므로, 이에 적합한 배합설계 및 재료가 필요한 것이다. 다만, 세골재는 미끄럼 저항 특성에서 매우 중요한 역할을 수행하므로 세골재의 마모 저항성이 필요하고, 이에 대한 실험 규정이 필요하며, 조골재는 장기 강도 및 내구성에 중요한 역할을 수행하므로 이 역시 이를 평가하기 위한 실험 규정이 필요하다.

최근 들어 도로 현장에서는 골재의 부족으로 인해 부순 골재를 비롯한 다양한 종류의 골재들이 사용되고 있으나, 이들에 대한 검증이 제대로 이루어져 있지 않아 품질관리에 많은 어려움이 있다. 또한 일부 재료의 경우는 ASR(Alkali Silica Reaction) 반응을 초래하여 개통된 지 얼마 되지 않은 콘크리트 포장이 파손되어 유지보수를 실시한 경우가 발생되었다. 이러한 환경적, 화학적 반응에 대한 파손은 산업부산물인 FLY ASH, GGFC, SILICA FUME 등을 사용하면 해결될 수 있는 것들이지만, 아직까지 국내 도로포장 기준에는 이를 사용하기 위한 기준이 제시되어 있지 않다. 이들을 시멘트 대체용으로 일정부분 사용하게 되면, 국가 예산이 절감될 뿐 아니라, 시공성(Workability) 및 내구성 그리고 ASR 등과 같은 화학적 요인에 의한 파손 등이 개선될 수 있게 되므로 이에 대한 기술 개발이 필요하다.



<사진 1> Interstate Highway at Texas using Recycled Concrete Material



<사진 2> ASR Distress in Express Highway

일반 국민의 삶의 질 향상에 따라 배수성, 투수성 포장 공법들이 많이 제시되고 있는 실정이므로, 이에 대한 배합설계 기준이 제시되어야 할 것이다. 일부 전문 시공회사에서는 자체적으로 신기술을 개발하여 활용하고 있으나, 이에 대한 국가 기준이 제시되어 있지 않아 실무자들이 생산 및 시공의 관리 감독하는데 있어 매우 어려운 실정이다. 이와 더불어 도심지의 미적 공간을 제공하기 위한 칼라 투수콘크리트 등에 대한 기준이 필요하다.

4. 설계 및 시공 측면

국내 콘크리트 포장의 발전사를 보면 초창기 88고속도로에서 사용하였던 단면은 입도조정 보조기층 위에 콘크리트 슬래브 30cm(경사 줄눈 6m 간격, 다우웰 바 사용), 이후 중부고속도로를 비롯한 대부분의 콘크리트 포장은 보조기층이 없이 동상방지층 위에 린 콘크리트 층 15cm 그리고 바로 슬래브 30cm(줄눈간격 6m, 다우웰 바 사용)를 사용하였다. 일부 구간에서는 교통량에 따라 33cm, 28cm 등도 사용하기도 하지만, 국도 및 고속국도의 거의 모든 구간에서는 30cm JCP(Jointed Concrete Pavement)를 확일적으로 사용하고 있다. 물론 중부 고속도로 및 판교-구리간

외곽순환고속도로 일부 구간 등에서는 CRCP(Continuously Reinforced Concrete Pavement)를 사용하기도 하였지만, 지금 설계되고 있는 포장 형식은 JCP 포장 공법이다.

중부고속도로에서 JCP와 CRCP 공법을 준공한지 만 20년이 지나가지만, 이에 대한 평가 및 평가 결과의 설계 재 반영이 전혀 이루어지고 있지 않아 무척 아쉬움이 남는다. 20년이 지난 후 현재의 상태를 이용자 입장에서 보면 평탄성 측면에서 JCP 보다는 CRCP 포장이 우수한 것을 느낄 수 있으며, 포장의 상태를 보더라도 CRCP 구간이 JCP 구간보다 현저히 양호한 것을 알 수 있다. 즉, 경제적, 평탄성 측면 등에서 보더라도 CRCP 포장이 JCP 포장보다 우수한 것을 알 수 있다. 또한 CRCP를 도입하게 되면 JCP 포장을 시공한 후 유지보수 할 때 아스팔트 덧씌우기를 실시하게 되면 반드시 나타나게 되는 반사 균열 문제를 바로 해결할 수 있으므로, 유지보수 측면에서도 JCP 포장에 비해 우수함을 알 수 있다. 따라서, 향후 설계 및 시공되는 콘크리트 포장에 대해서는 CRCP 포장의 도입이 적극 필요하다.

이외에도 확일적으로 설계되는 것이 하부구조의 형식과 교면 포장 형식이다. 하부구조의 형식은 일률적으로 린콘크리트 층 15cm를 적용하고

있으나, 포장은 주변 여건에 따라 가장 경제적인 형식을 택하는 것이 좋은데, 현재는 이에 대한 선택이 없이 획일적인 포장 형식만을 적용하고 있다. 즉, 아스팔트 안정처리, 재활용 콘크리트 또는 아스팔트, 보조기층 안정처리 등 주변 여건에 따라 다양한 하부구조 형식을 취해야 하는데, 이에 대한 설계 기준이 미비한 상황이다. 다음으로 콘크리트 교량에 대한 교면 포장을 LMC (Latex Modified Concrete)로 사용하고 있으나, 중부고속도로 건설 당시에는 일반 콘크리트를 사용하여 왔었으며, 아직까지도 매우 양호한 공용 수명을 유지하고 있는 것을 보면 LMC, 일반 콘크리트 등의 사용에 대한 다양한 종류의 교면 포장 형식에 대한 검토가 필요하다.

콘크리트 포장의 표면 처리 형식은 거의 획일적으로 거치면 마무리 뒤 횡방향 타이닝을 사용하고 있으나, 이로 인해 소음이 일반 아스팔트 포장 구간에 비해 높게 나타난다. 그렇지만 타이닝의 형식을 종방향으로 하거나, 필요 없다면, 일부 구간에서 삭제하는 방안도 생각해 봐야 한다. 타이닝의 목적이 표면 배수를 통한 우기 때 미끄럼 저항성 향상이라면 필요한 구간에서만 수행해야 한다. 즉, 터널 구간에서는 비가 올 이유가 없기 때문에 타이닝이 필요 없으며, 선형이 직선 구간이거나, 차량의 속도가 크지 않은 구간에서는 타이닝의 삭제를 검토해야 한다.

이외에도 설계 측면에서 일부 선진국에서 도입하고 있는 혼합포장(AP OVER CONCRETE)의 도입도 경제적으로 우수하다면 검토해 볼 필요성이 있다.

콘크리트 포장관련 생산 및 시공 측면에서의 개선 사항을 보면 여러 가지 방안이 제시될 수 있다. 우선, 현재의 코아 채취하여 강도를 측정하는 방법은 많은 시간과 인력이 필요할 뿐 아니라, 극소 일부분만 판단할 수밖에 없으며, 실제적으로 시공의 품질 상태가 양호한지를 파악하는 데에는 한계가 있다. 그러므로 이를 개선하기 위해서는 비파괴 기법의 도입이 필수적이다. 비파괴 기법의 도입을 통해 강도를 추정하는 방법은 탄성파를 이용하거나, 성숙도(Maturity)를 활용한다든지의 방법이 있을 수 있다. 더불어 콘크리트 포장 시공에 포함되는 재료, 시공관리 항목 등을 유비쿼터스 및 무선 통신 기법 등을 이용하여 데이터베이스를 구축하고, 이를 향후 포장의 공용 상태와 연계시키기 위한 기초를 마련해야 한다.

포장의 품질관리 관련 다양한 장비들이 지속적으로 개발 운영되고 있으므로, 우리도 이러한 기법을 활용함으로써, 초기 시공관리를 개선하고, 장기적으로는 포장의 수명을 향상시킬 수 있는 근간이 되어야 한다.



<사진 3> CRCP in Jungbu Express Highway



<사진 4> Rubblization Technique

4. 유지관리 측면

일반 기술자들이 콘크리트 포장을 접하는데 있어 가장 어려운 것은 공용 수명이 지난 후 유지보수 할 때 마땅한 대안이 없다는 것이다. 하지만, 이에 대한 유지보수 공법이 전혀 없는 것은 아니다. 포장의 상태에 따라 다양한 유지보수 공법을 적용할 수 있으나, 현재 국내에서 사용하고 있는 방법들이 제한적이기 때문에, 새로운 공법에 대한 기술 이전이 미진하기 때문에 콘크리트 포장 유지보수가 어렵다고 오해하고 있는 것이다. 가장 이슈가 되는 것은 반사 균열을 방지하기 위한 방법, 그리고 조기 교통 개방이 어렵다는 것이다. 반사 균열을 방지하기 위해서 미국을 비롯한 외국에서는 Rubblization, Crack & Seat 공법 등과 같은 유지보수 공법들이 제안되고 있으며, 조기 교통 개방을 위한 재료의 개발 등이 다양하게 제시되고 활용화되고 있는 실정이다. 그렇지만, 국내에는 아직까지 활성화 및 도입이 미진한 관계로 실무자에게 기술 전파가 늦어지고 있다. Rubblization 공법이란 오랜된 콘크리트 포장의 유지보수 때 아스팔트 덧씌우기 전, 기존 포장의 줄눈으로 인해 발생하기 쉬운 반사균열을 방지하기 위해, 기존 콘크리트 슬래브를 파쇄 시키고 아스팔트 덧씌우기를 실시하는

공법이다. Crack & Seat 공법은 Rubblization 공법과 유사하게 아스팔트 덧씌우기 전에 반사 균열의 방지를 위해, 기존 콘크리트 슬래브를 햄머로 타격하여 일정 간격으로 균열을 발생시키는 공법이다.

콘크리트 포장의 유지보수 공법에서 가장 어려운 공정 중의 하나가 조기 교통 개방을 위해 재료 개발 및 시공 기법이다. 이와 관련하여 포장의 강도를 조기에 발현하며, 내구성이 우수한 재료가 개발되고 있으며, 초기 거동의 예측을 통해 품질관리를 체계화할 수 있는 장비 및 계측 기법의 개발 그리고 조기 교통개방을 위한 논리 개발 등이 많은 연구를 통해 제시되고 있으므로 이를 실용화하기 위한 기술이 필요하다.

또한 최근에는 Grinding 공법이 예방적 유지보수 차원에서 도입되고 있다. 즉, 콘크리트 포장의 공용 수명이 일정 기간 지난 후 미끄럼 저항이 떨어지거나, 소음이 있는 경우에 Diamond Grinding을 실시하여 미끄럼 저항 성능 향상 및 단차의 감소로 인한 소음의 저감 효과를 적은 비용으로 얻을 수 있다. 또 다른 유지 보수의 공법으로는 슬래브 재킹(Slab Jacking) 공법이 있을 수 있다. 슬래브 접속 구간 및 연약지반 침하된 구간에 대해서 부분적으로 침하된 슬래브를 원래의 위치로 상승시키는 공법이다.

이와 같이 콘크리트 포장의 유지보수 공법 역시 다양한 방법들이 지속적으로 개발되고 있음에도 불구하고, 국내에서는 이러한 기술 개발의 미진함에 따른 기준의 미비로 인해, 산발적으로 중소기업에서 공법을 도입하다가, 실패하는 사례가 많음으로 인해 기술자들에게 좋지 않은 인식을 남기는 경우가 종종 있으므로, 새로운 유지보수 공법의 도입에 대해서는 체계적인 절차와 검증을 받아서 현장에 접목하는 방안이 필요하다.

5. 제도적 측면

콘크리트 포장의 기술 발전을 위해 기술적 측면에서 여러 가지 대안 방안을 제시하였지만, 더욱 큰 문제는 제도적, 시스템 측면에 있다. 즉, 제도적 측면에서 우리가 검토해야 할 사항은 다음과 같다. 인센티브 및 하자보증제도의 보완, 교육 및 인증제도, 품질관리 체계의 구축 등이 그 대상이 될 수 있다.

현재 포장공사 시방서 및 계약 제도에서는 포장 공사 준공 후 2년간이 하자보증기간으로 되어 있으나, 하자에 대한 기준 및 평가 방법 등이 구체적으로 언급되어 있지 않아 유명무실한 제도로 되어 있으며, 인센티브 제도가 예산 운영 체계 등의 이유로 인해 제대로 실행되고 있지 않은 상황이다. 외국에서는 하자뿐 아니라, 더 나아가 품질보증제도(Warranty Specification)까지도 도입하고 있는 상황이므로, 책임 시공과 관련한 국내 현황을 개선하기 위한 방안이 마련되어야 할 것이다.

도로 및 공항 등에서의 포장관련 교육은 대학교에서도 제대로 강의하는 곳이 없으므로, 인력양성을 위해서는 별도의 감리제도 또는 기관별 주기적 교육 훈련제도가 마련되어야 한다. 외국

의 경우 포장과 관련해서는 교육 인증 제도를 마련하고, 교육을 이수하여 인증을 받은 사람만이 현장 및 실험실에 투입될 수 있도록 하고 있으므로, 국내에서도 이와 유사한 기능을 만들어서 기술 인력을 양성해야 기본적인 포장의 품질을 확보할 수 있다.

현재 포장공사에서 실시하고 있는 체계에서는 시공할 때의 재료 및 시공 특성과 향후 공용 후 포장 상태와 연계가 되지 않으므로, 포장의 파손이 발생하였을 때 이에 대한 원인 분석에 한계가 있다. 그러므로 포장 공사에 투입되는 재료원, 생산지, 그리고 시공할 때의 특성 등을 체계적으로 관리할 수 있는 시스템이 필요하다.

이외에도 많은 제도 및 교육 그리고 운영 방안 등이 필요하겠지만, 위의 언급한 사항들을 기본으로 하여 현재 발생하고 있는 문제점을 지속적으로 개선해 나아간다면 포장의 기술 발전은 자동적으로 이루어 질 수 있다.

6. 결 론

본 고에서는 콘크리트 포장과 관련한 국내의 현황을 살펴보고, 이를 개선하기 위한 국내외 현황을 제시하여, 향후 나아갈 방향에 대한 소견을 제시하였다. 이를 요약하자면, 기술적 측면에서는 계획, 설계, 시공, 유지관리 등으로 구분하여 기술 발전 방향을 제시하였고, 이와 병행하여 제도적, 교육적 측면의 개선 사항에 대하여 언급하였다.

국내의 기술 발전의 흐름을 보게 되면, 포장 분야에 대한 연구는 이제 막 시작하는 단계라고 생각이 든다. 향후 기술적, 제도적, 기술전파 및 교육 등이 동시에 추진되어, 콘크리트 포장 기술 발전에 도움이 되었으면 한다.