

최근 시멘트 콘크리트 도로포장의 국내외 동향과 현안 및 향후 바람직한 발전방향 모색

권 수 안 (한국건설기술연구원 수석연구원)

1. 개 요

일반 시민 또는 기술자들에게 콘크리트 포장은 수명이 오래간다는 장점 이외에 단점으로, 평탄성이 불량하거나, 소음이 많이 발생하거나, 양생 시간이 오래 걸려서 시공의 편리성이 많이 떨어진다고 생각하고 있다. 그렇지만 콘크리트 포장의 기술 발전을 살펴보면 기술적으로나 양적으로도 많은 변화가 있음을 알 수 있다. 즉, 고속도로에서의 최초 콘크리트 포장이라고 할 수 있는 88고속도로와 가장 최근에 건설된 중부내륙고속도로, 중앙고속도로 등의 평탄성 및 소음 등을 비교해 보면 너무나 확연히 달라진 모습을 알 수 있으며, 콘크리트 포장의 연장 역시 예전에 비해 많이 증가한 것을 알 수 있다. 그러므로 현재 콘크리트 포장에서 일반인들이 느끼는 문제점 역시 지속적으로 기술 개발 및 연구를 수행한다면, 많은 부분이 해결될 수 있을 것이라 추정된다.

따라서 본고에서는 콘크리트 포장의 현재 당면 문제 그리고 이를 해결하기 위해 국내외 연구 결과 및 추진 방향 등을 바탕으로 발전 방향을 모색하고자 한다.

2. 국내외 콘크리트 포장 현황

국내의 콘크리트 포장 도로 연장은 2004년말 기준으로 도로현황조사(건설교통부)에 따르면 <표-1>과 같다. 전체 연장 중에서는 14.4% 정도가 콘크리트 포장이며, 고속국도의 경우는 약 60%가 콘크리트 포장으로 구성되어 있다.

유럽에서의 콘크리트 포장 사용 현황을 2003년도 한국도로학회 콘크리트 분과에서 출장을 다녀온 결과에 따르면, 벨기에의 경우는 고속도로 중 약 46%, 국도 중 약 50%가 콘크리트 포장으로 되어 있다고 언급되어 있다. 독일은 잘 알려진 아우토반 고속도로와 공항 포장이 콘크리트 포장이 많은 것으로 되어 있으며, 프랑스의 경우는 현재 매년 30% 정도의 콘크리트 포장이 고속도로에 건설되고 있다고 한다.

미국의 National Highway System에서의 포장형식별 도로연장 통계를 보면 <표-2>와 같다. 전반적으로 아스팔트 포장이 59%를 차지하고 있으며, 혼합 및 콘크리트 포장은 38%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 여기서 혼합 포장은 주로 콘크리트 포장 위에 아스팔트로 시공된 것을 의미하며, 콘크리트 포

〈표-1〉 국내 도로의 포장 형식별 연장

	콘크리트 포장		아스팔트 포장	
	연장(km)	비율(%)	연장(km)	비율(%)
총 계	11,029	14.4	65,317	85.6
고속국도	1,751	59.9	1,171	40.1
일반국도	171	1.2	13,697	98.8
특별, 광역시도	6,731	39.1	10,499	60.9
지방도	141	1.0	13,556	99.0
시도	689	4.3	15,417	95.7
군도	1,543	12.3	10,975	87.7

장으로 간주한다.

〈표-2〉에서 중차량이 많이 다니거나, 교통량이 많이 다니는 Interstate Highway에서는 아스팔트 포장보다, 혼합 포장 및 콘크리트 포장이 많이 있음을 알 수 있다. 더욱이 지방부보다 도시부에서 콘크리트 포장을 더 많이 시공함을 알 수 있는데, 이는 콘크리트 포장이 유지보수 비용 및 횡수가 적으므로, 교통차단 횡수가 적다는 의미이며, 이로 인해 콘크리트 포장을 선호하는 것을 추정할 수 있다.

3. 국내 콘크리트 포장의 현안

국내에서 콘크리트 포장은 고속국도를 중심으로 많이 사용되어 왔었다. 그렇지만, 최근 들어서는 고속국도마저 일부 구간에서는 아스팔트 포장으로 전환되는 경우가 종종 있다.

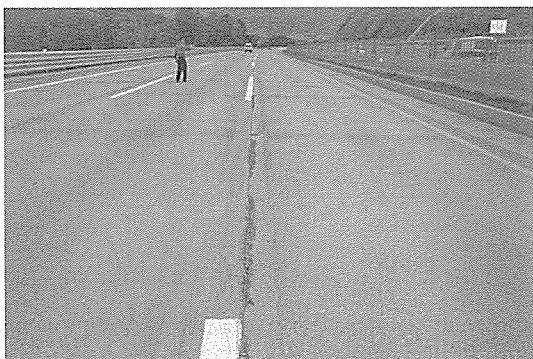
최근들어 도로 포장에서 콘크리트 포장이 아스팔트 포장에 비하여 경제성이 월등함에도 불구하고, 실무 기술자들이 콘크리트를 외면하는 이유는 다음과 같이 구분할 수 있다.

〈표-2〉 미국의 도로 포장 형식 통계

National Highway System	Interstate	지방부	아스팔트	14,898	50%
			혼합	6,950	23%
		콘크리트	8,136	27%	
		계	29,986	100%	
	도시부	아스팔트	5,239	35%	
		혼합	4,698	32%	
		콘크리트	4,854	33%	
		계	14,791	100%	
	전체	Low	906	0.6%	
		Inter mediate	3,846	2.4%	
		아스팔트	94,267	59%	
		혼합	33,564	21%	
		콘크리트	26,468	17%	
		계	159,051	100%	

가. 유지보수의 어려움

콘크리트 포장은 시공때 품질불량 또는 줄눈 절삭의 시간을 제대로 맞추지 못하게 되면 〈그림-1〉과 같은 스포링(Spalling) 또는 스케일링(Scaling) 등의 파손이 발생하게 된다. 이를 유지 보수하기 위한 방법으로 현재까지 많이 사용되던 방법은 전단면 보수 또는 부분단면 보수 등이었다. 그렇지만 이들 보수를 위해서 사용되는 재료의 내구성 저하 및 시공때 양생 시간의 필요 등으로 인해 아스팔트 포장보다 많은 불편을 초래한다. 이외에도 콘크리트 포장의 수명이 다하게 될 경우(20년 정도) 이에 대한 유지보수 방법이 마땅하지 않다는 것이다. 예를 들어 기존에는 일반 아스팔트를 실시하였는데, 반사균열(Reflection Crack)이 발생하여 또다시 아스팔트



〈그림-1〉 초기 스폐링 파손

덧씌우기를 실시하거나, 완전하게 재포장하는 경우가 발생하고 있다.

나. ASR과 같은 초기 파손 발생

실리카 함유량이 많은 골재를 사용할 경우에는 시멘트에 있는 알칼리 성분과 반응하여 콘크리트에 물이 침투하게 되면 ASR(Alkali Silica Reaction) 반응이 발생하게 되고 이로 인해 〈그림-2〉와 같이 콘크리트 슬래브 전체에 파손이 발생한다. 이 파손은 포장 재료 및 환경 조건에 따라 발생시기가 상이하겠지만, 발생이 될 경우에는 슬래브 전체를 교체하든지, 재포장을 해야 하는 등 대규모 유지보수를 실시해야 한다. 한 예를 들어 국내 도로에서도 개통한 지 얼마되지 않은 도로에서 ASR 파손이 발생하여



〈그림-2〉 ASR 파손 현상

대규모 보수를 실시한 사례가 있다.

다. 평탄성 및 소음 불량

콘크리트 포장은 시공때 표면 마무리를 실시한다. 이와 관련하여 국내에서 실시하고 있는 방법은 거친면 마무리 후, 콘크리트 포장의 수막 현상을 방지하기 위해 횡방향 타이닝(Tinning)을 실시하고 있다. 그런데 타이닝으로 인해 아스팔트 포장에 비하여 소음이 매우 심하게 발생하게 된다. 또한 콘크리트 포장이 오래 지나면 표면이 불규칙하게 마모되거나, 하부구조의 불량으로 인해 단차가 생기고, 이로 인해 평탄성이 불량하게 된다.

라. 균열에 대한 잘못된 인식

콘크리트 포장 중에 가장 최신 공법이라고 할 수 있는 CRCP(Continuously Reinforced Concrete Pavement) 포장은 일반 JCP(Jointed Concrete Pavement)에 비해 평탄성 및 경제적 수명이 우수하다. 그렇지만 CRCP 공법은 설계 개념상 일정 간격(0.3~1.2m 정도)으로 균열이 발생되어야 한다. 그렇지만 일부 기술자 및 일반 시민들은 콘크리트에 균열이 발생하면 파괴된 것으로 오해를 하여 CRCP는 나쁜 공법으로 오해를 하고 있다.

마. 확장 공사 적용이 어려움

콘크리트 포장 구간 및 일반 포장 구간을 확장하는데 있어 콘크리트는 양생 시간이 오래 걸린다는 막연한 지식만으로, 일부 확장 공사에서는 중차량이 많은 구간임에도 불구하고 아스팔트 포장으로 계획, 시공하고 있다.

4. 외국의 콘크리트 포장 기술 현황

중차량이 많이 다니는 구간에서는 콘크리트 포장

으로 설계, 시공해야 함에도 불구하고, 아스팔트로 시공되는 이유는 계획적 측면 부족 등을 비롯하여 앞서 설명한 당면 문제의 해결을 위한 제도 및 기술 개발이 부족한 것으로 추정된다. 반면 미국의 예를 들면 콘크리트 포장에 대한 기술 개발 및 관련 제도 그리고 시스템 등이 잘 갖추어져 있다.

가. 최근 미국 연구 동향

최근 미국에서는 미연방도로국(FHWA), 아이오와 대학교, CTL 그룹 등이 기획을 하여 콘크리트 포장 도로의 활성화를 위한 포괄적이고, 전략적인 연구를 기획하였다. 여기에는 아래와 같이 12개의 큰 주제하에 250여개가 넘는 세부 연구 주제가 제시되어 있으며, 2015년까지 사용자인 운전자의 요구를 만족할만한 혁신적인 해법을 제시하고, 포괄적이고, 통합적인 그리고 기능적인 콘크리트 포장 시스템을 제시하는 것이 목표이다.

- (1) 공용성에 근거한 콘크리트 포장의 배합설계 시스템
- (2) 공용성에 근거한 신설 및 보수 콘크리트 포장의 설계법
- (3) 고속형 비파괴 검사법 및 지능형 건설 시스템
- (4) 안전성, 소음저감 및 평탄성을 고려한 최적 콘크리트 노면 설계
- (5) 장비 자동화 및 개량화
- (6) 혁신적 콘크리트 도로의 줄눈 설계, 재료 및 시공
- (7) 콘크리트 도로의 보수 및 시공의 고속화
- (8) 장수명 콘크리트 도로
- (9) 콘크리트 도로의 가속시험 및 장기 계측
- (10) 콘크리트 도로의 장기 공용성
- (11) 콘크리트 도로의 사업체계 및 경제성
- (12) 차세대 콘크리트 도로 재료

이외에도 미국의 각 주에서는 독자적으로 각 주에서 발생하는 콘크리트 포장의 문제점을 해결하기 위한 연구를 매년 선정하여 지속적인 연구를 수행하고

있다.

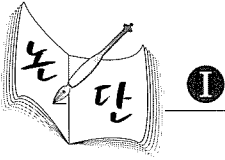
나. 품질관리 체계 및 지불 규정(Pay Factor)

미국 각 주의 시방서와 국내의 시방서를 비교해 보면 가장 큰 차이가 품질관리에 대한 체계 및 지불 규정(Pay Factor)을 들 수 있다. 각 주별로 품질관리 체계 및 세부 항목은 약간씩 상이하지만, 전반적으로 보면 각 주 정부 공무원이 직접 시행 운영하며, 주 정부 본부에는 품질관리를 보조하거나, 주관하는 부서가 있다는 것이다. 우리나라의 경우는 고속국도 및 일반국도가 약간 상이하다. 일반 국도의 경우는 감리에 전권을 주고 있으며, 제대로 품질관리를 수행하는지 파악하기 위한 조사를 각 청에서 나누어서 실시하고 있다. 반면에 고속국도는 현장별로 직접 도로공사에서 감독을 실시하고 있는 상황이지만, 현장에서 발생하는 기술적 문제를 해결하는 방안이 시방서에 명확하게 제시되어 있지 않다.

우리나라에서는 없으나, 미국 각 주에서 모두 적용하는 규정이 지불규정(Pay Factor)이다. 즉, 시공의 품질 상태가 규정대로 완성되지 않으면, 정도에 따라 공사비에서 비율만큼 삭제하는 것을 말한다. 콘크리트 포장에서는 주로, 슬래브 시공 두께, 강도, 평탄성 등을 주로 지불규정의 기준 항목으로 사용하고 있다.

다. 콘크리트 포장관련 협회

미국에서 콘크리트 포장과 관련한 협회 또는 협의회는 ACPA(American Concrete Pavement Association), PCA(Portland Cement Association), AASHTO(Association of American State Highway Officials) 등을 들 수 있다. 이들 기구에서는 각기 콘크리트 포장에 대한 미국의 현황 및 문제점, 이를 개선하기 위한 제도 및 연구 그리고 기술전파 등의 역할을 수행하고 있으나, 국내에서는 이러한 역할을 수행하는 기구가 없는 실정이다. 도로학회내



에 콘크리트 분과위원회가 있지만, 대외적으로 국가 또는 도로공사 등에 제안하는 데는 한계가 있다.

5. 콘크리트 포장 발전 방향

이상과 같이 국내 콘크리트 포장의 당면과제 그리고 미국을 중심으로한 외국의 콘크리트 포장관련 제도, 기술, 체계 등에 대하여 논의하였다. 이러한 당면 문제를 해결하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 종합적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

가. 포장 교육의 필요성

콘크리트 도로 포장에 대한 올바른 이해 및 기술 수준을 지속적으로 향상시키기 위해 기술자들에게 수준별로 교육을 시켜야 한다. 현장에서 발생하는 다양한 의사결정에 대하여 기술자가 기술적으로 올바르게 대처할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 포장전문교육 기관이 있어야 한다.

나. 국가 기준의 제시

포장관련 계획, 설계 및 시공 유지관리 등에 대한 시방기준, 설계기준 등 작성이 필요하다. 현재 건설교통부에서 추진하고 있는 "한국형 포장설계법 개발 및 포장성능 개선방안 연구"에서 단계적으로 국가 기준 작성을 추진하고 있으며, 이외에도 실무자들이 필요로 하는 매뉴얼 등이 필요하다.

다. 품질관리 시스템 구축

일반적으로 도로공사 현장에서는 현장 소장이 예산이 적을 경우 품질관리비를 줄인다는 말이 만연하게 나돌고 있는 실정이다. 그만큼 품질관리에 관심이 없다는 얘기이다. 그러므로 시공 품질 또한 나빠질 것이 당연하다. 반면, 안전관리비는 법적으로 고정 비율을 확보해 주고, 이를 사용한 만큼 정산하도록

되어 있다. 그러므로 품질관리비도 이와 유사한 방법으로 예산 확보 및 사용할 수 있도록 규정을 만들어 주어야 할 것이다. 다른 한편으로는 시공회사가 실시하는 QC(Quality Control), 감리단 또는 감독기관이 실시하는 QA(Quality Assurance) 그리고 본부 차원에서 해당 프로젝트 사이트에서 품질관리를 제대로 실시하고 있는지 확인하는 방법론 등에 대한 품질관리 체계 등이 구체적으로 제안되어야 하며, 시공에 대한 품질을 DB화하게 되면 향후 파손 원인 분석 및 공용성 모형 등의 개발에 많은 도움이 될 것이다.

라. 기술 개발 확대

현재 콘크리트 포장이 당면하고 있는 소음, 평탄성, 조기 교통 개방 재료, 유지보수 공법 등의 문제들은 이미 많은 선진국에서는 해결되어 나아가고 있는 실정이다. 우리도 기술개발을 위한 연구를 실시하게 되면, 이러한 문제점들을 충분히 해결하고 극복할 수 있는 부분이다. 이미, 이러한 문제를 해결하기 위해 한국도로공사, 한국건설기술연구원 등에서 일부 연구가 추진중에 있다. 그러므로 기술개발을 위한 연구를 관, 산, 학, 연 등이 서로 연계되어 추진해야 한다. 기술 개발 항목 중에 연속철근콘크리트 포장(CRCP)에 대한 설계 및 시공 기법은 반드시 추가해야 한다. 기존 중부고속도로에서 20년 동안 공용함으로써, 일반 아스팔트 포장 및 무근콘크리트 포장(JCP)보다 평탄성, 유지보수 예산 절감 등이 우수함을 인정받았음에도 불구하고, 포장체에 균열이 간다는 잘못된 인식으로 인해 확대되지 못하고 있으므로 이를 확대하기 위한 방안 및 기술개발이 동시에 이루어져야 한다.

마. 품질보증 제도의 도입

현재 국내 시방 기준에는 포장 공사 준공 후 하자 기준이 2년으로 되어 있다. 그렇지만, 어떤 기준이

로 하자를 판단할 것인지, 누가 판단할 것인지 등에 대한 구체적인 기준이 제시되어 있지 않아, 유명무실한 시방기준이 되어 있다. 이를 좀더 보완하여, 적어도 5년 이상 동안 품질보증을 실시하고, 이와 관련된 세부 기준 등이 제시되어 실행된다면, 시공 회사 및 운영자들은 품질관리 및 기술 개발에 많은 관심을 갖고 노력할 것으로 판단된다. 그러므로 향후에는 포장공법별 품질보증 제도의 도입이 필요하다.

바. 콘크리트 포장 협의회 발족

콘크리트 포장에 대한 기술개발 유도, 정책적 제안, 기술 전파 및 교육 등을 관, 산, 학, 연 등이 서로 연계되어 운영하는 기구가 필요하다. 현재는 건교부에서 발간되는 지침이라도 지자체 공무원들이 이해하기까지는 많은 시간이 걸리고, 제대로 알려 지지도 않은 경우도 종종 있다고 한다. 이를 위해서는 미국의 AASHTO, ACPA 등과 같은 협의회를

구성하여 콘크리트 발전을 위해 서로 머리를 맞대어 노력해야 한다.

6. 결 론

본고에서는 국내 콘크리트 도로포장의 당면 현황 그리고 이와 관련한 외국의 체계 및 시스템 등에 대하여 항목별로 언급하였다. 콘크리트 도로포장이 경제성 측면에서 아스팔트 포장에 비하여 월등히 우수함에도 불구하고, 홍보 및 기술 수준의 향상의 미비 등으로 인해 많이 활성화가 되지 않았으며, 이에 따라 국가 예산이 효율적으로 사용되지 못하는 경우가 있었다.

본고에서 제시한 것처럼 콘크리트 포장의 활성화 및 발전을 위해서는 기준, 제도, 교육, 시스템 등이 종합적으로 이루어져야 할 것으로 판단되며, 본고가 이에 대한 하나의 초석이 되었으면 하는 바램이다. ▲

시사 용어 해설

▶ 파생결합증권

파생결합증권은 유가증권과 파생상품이 결합된 새로운 증권이다. 기초자산이 주가, 이자율, 환율, 신용, 실물 등을 이용해 개별적 및 복합적으로 구성될 수 있는 파생증권을 의미한다. 영문으로는 SD(Securitized Derivatives) 또는 DLS(Derivatives Linked Securities)라고 쓰인다. 우리나라의 파생증권은 기초자산이 주가 및 주가지수에 한정된 주가연계증권(ELS)으로 시작됐으며, 2005년 3월 증권거래법시행령의 개정으로 이자율, 환율, 신용, 실물로 기초자산의 범위가 확대됐다. 파생결합증권은 주가연계증권(ELS)을 포함하는 포괄적인 개념이지만 좁은 의미로는 주가만을 기초자산으로 하는 증권(ELS)을 제외한 다른 형태의 자산을 기초자산으로 하는 파생증권의 의미로도 쓰이고 있다. 따라서 주가가 포함되어 있더라도 부동산, 실물 등 다른 여러 자산과 함께 기초자산이 되는 하이브리드 증권의 경우도 파생결합증권이라고 할 수 있다. 2005년의 경우 좁은 의미의 파생결합증권은 주로 환율이나 실물에 연계된 증권이 발행되었으나, 향후에는 다양한 자산을 기초로 하는 파생결합증권의 발행이 늘어날 것으로 전망된다. 파생결합증권은 주가연계증권과 거의 유사하며, 단지 기초자산이 주가와 주가지수에 한정되어 있는지 아닌지에 따라 구별할 수 있다.