

# 우리 나라 포장공법의 비교분석

## - 고속도로를 중심으로 -

엄 주 용(한국도로공사 도로연구소 콘크리트포장연구실장, 공학박사)

### 1. 머리 말

한 국가의 근대화, 산업화의 배경을 거론할 때 주요한 요건으로 지목되는 것 중 하나가 그 나라 도로 개발의 역사라는 것은 다시 언급할 필요가 없을 정도로 자명한 것이다.

그 이유는 도로의 개발이 없이는 대량생산의 근간이 되는 대량운송이 불가능하기 때문인데 이와 같이 산업화의 요체라 할 수 있는 대량수송의 형태는 각 국가마다 판이한 양상을 보이고 있다.

이는 도로 혹은 대량수송의 발달과정이 그 나라의 역사적 배경이나 사회적 여건과 무관할 수 없기 때문이다.

이상과 같은 이유로 단순히 콘크리트 포장과 아스팔트 포장이라는 포장공법의 장단점을 논한다는 것은 자칫 문제의 본질을 호도할 수도 있다.

따라서 본 소고에서는 우선 우리 나라 도로포장의 현황이나 문제점에 대한 공학외적 요인에 대해 필자 나름대로의 소견을 피력하고자 한다.

이어 포장 공법별 특성에 대해 포장형식, 시공 및 품질관리와 같은 직접적 요소에 대해 간략히 살펴보고 안전성이나 경제성같은 간접적 요소에 대해 공법별 비교를 하는 것으로 줄고를 맺고자 한다.

### 2. 우리 도로포장의 발전 과정과 문제의 제기

현 시점에서 우리의 여건에 비추어 볼 때 콘크리트 포장, 혹은 아스팔트 포장의 장단점을 공학적 가치에 기준하여 단순 비교하는 것은 비단 어려울 뿐만 아니라 어쩌면 큰 의미를 가지기 어려운 작업일 수 있다.

필자는 개인적으로 이러한 어려움의 이유를 다음과 같은 세 방향으로 정리해 보았다.

본 절에서 보일 우리 도로포장의 문제점으로 우선 도로의 개발동기에 따른 개발방향의 난맥상을 들 수 있다. 예를 들어 우리나라의 경우 고속도로가 부담해야 하는 중(重)차량 교통량은 다른 나라와 비교할 수 없을 정도로 과대한데 이러한 현상의 주된 원인은 오히려 우리나라의 철도시스템에서 찾을 수 있다.

즉, 우리나라 철도의 경우 산업관련 운송량의 겨우 3% 내외만을 부담하고 있는 실정인 바 나머지의 엄청난 교통량이 고속도로로 집중되고 있으며 이 때문에 선진외국의 경우와 같이 항만에서 각 물류단지까지의 대형운송시스템이 효율적으로 운영되지 못하고 있다는 것이다. 이러한 비효율의 주된 원인은 우

리 나라의 철도체계의 계획과 건설이 불행히도 일제 시대의 수탈구조에서 비롯되었기 때문이다.

이후 독립을 맞아 정상적인 경우라면 당연히 추진 되었을 복선화 등은 엄두도 내지 못한채 다시 6.25 전쟁을 맞게 되었다. 이와 같이 도로의 발전과정과 그 사회적, 역사적 배경의 관계를 극명하게 보여주는 일례로 제2차 세계대전을 준비하던 당시의 독일 을 들 수 있다.

당시 독일은 그때까지의 일반적인 인식을 완전히 뒤집어 놓은 고속도로를 건설하여 대전 초반의 승기를 확보할 수 있었고 동기여부를 떠나 도로 및 포장 발전사에 한 획을 그을 수 있었다. 다시 말해서 독일은 시공이 상대적으로 신속하고 기동성이 확보되는 도로건설에 집착하였고 일제는 수탈을 효율적으로 할 수 있는 대량운송체제에 주력했다는 것이다.

이후 우리 나라는 산업화로 이르는 과정에서 필수적으로 수반되는 인구의 도시집중과 이에 따른 인적 자원의 유동이 폭발적으로 증가하기 시작했고 당시의 터무니없이 부족한 재원으로서는 철도 복복선화 등은 엄두도 내지 못할 상황에 처하게 되었다. 이에 따라 인적·물적자원을 동시에 소화할 수 있으면서도 상대적으로 건설이 용이한 고속도로를 계획하게 된 것은 어쩌면 당연한 귀결일 수도 있다.

당시로는 획기적이던 100% 포장도로가 우리나라에 처음으로 선보인 이래 고속도로의 발전은 비약적으로 이루어져 왔으며 1970년대 당시 500km에 불과하던 연장이 1997년 현재 1,800km에 이르르고 있으며 앞으로도 단기간내에 현재 연장의 두 배에 이르는 건설이 계획되어 있다.

이에 반해 우리 나라 철도의 확충은 상대적으로 더디게 진행되어 왔고 이는 고속도로에 대한 물류유통집중이라는 또 다른 문제를 낳게 되었다. 따라서 우리 고속도로는 철저하게 산업도로의 성격을 가질 수밖에 없는 상황에 처하게 되었으며 이 때문에 콘

크리트 포장은 많은 단점에도 불구하고 어느 정도는 불가피한 선택이라는 것이다.

이러한 물류시스템의 부조화에 따른 보다 큰 문제는 이와 같은 불균형이 비단 고속도로에만 한정되지 않는다는데 있다. 현재 국도의 경우에도 많은 경우에 있어 증차량 교통량을 소화하지 못하는데 따른 포장의 성능저하현상이 보고되고 있는 실정이며 이에 따라 현재 콘크리트 포장의 시공이 신중히 검토되고 있다. 심지어 콘크리트 포장 시공에 따른 공사 기간 증가와 이에 따른 교통지체를 가장 우려해 온 일부 대도시의 도심포장에서도 콘크리트 포장의 시공이 보다 합리적인 도로유지관리의 대안으로 떠오르고 있는 실정이다.

이상으로 보인 바와 같은 인식을 기초로 하여야만 비로소 우리 도로포장의 장단점이 분석될 수 있다고 본다.

두 번째로 지적될 수 있는 것은 공학외적 논리 혹은 천편일률적인 관행에 의해 집행되어 온 도로 혹은 포장계획을 들 수 있다. 전자가 이익집단간의 대립에서 비롯된다면 후자는 행정편의위주의 집행에서 비롯한다고 볼 수 있다.

전자의 경우 특히 연구자나 기술자들을 곤혹스럽게 하는데 포장공법간의 극히 미소한 차이를 들어 포장계획 전반을 교란시키는 경우를 예로 들 수 있다. 물론 이 경우에도 당연히 심사숙고해야 할 여러 논리들이 제시되는 것은 사실이다. 하지만 공학적으로도 해석은 물론 판단을 내리기가 지극히 어려운 여러 조건들을 도로공학자가 아닌 비전문가가 예단하는 것은 어떠한 경우에도 비효율적일 수밖에 없다.

이러한 과정을 통해 결정된 포장계획은 계획당시에 예상치 못했던 여러 문제를 수반하며 장기적인 공용성 또한 저해함은 주지의 사실이다. 예를 들어 포장면에 대한 강설과 결빙의 메카니즘을 적시하기

위해서는 강설 및 용설이력과 같은 복잡한 공학적 계산과 판단이 요구되며 실제로 아직 연구 중인 분야이다. 그럼에도 불구하고 지극히 상식적이고도 주관적인 판단만으로 이를 예단할 경우의 손실은 쉽게 예측할 수 있다.

이러한 예는 지반조건에 따른 포장공법의 판단이나 미끄러져항성을 고려한 공법선정 등에 있어서도 같은 맥락으로 적용된다. 사실 좀 더 단적으로 말하면 고속전철과 같은 엄청난 규모의 국책건설사업조차도 단지 몇몇 관변학자들의 주장에 의해 결정되고 집행되는 마당에 도로포장의 형태라는 주제는 어쩌면 참으로 미미한 주제일 수도 있다. 하지만 이런 요인들이 누적될 경우의 해악이란 참으로 크다고 하지 않을 수 없다.

후자의 경우는 임의의 구간에 콘크리트나 아스팔트로 포장하는 것과 같은 중요한 문제는 물론 각종 신공법을 적용함에 있어 어떤 때는 관행적으로 어떤 때는 졸속적으로 포장계획이 수립되는 경우를 들 수 있다. 특히 신공법 적용시 충분한 사전조사가 이루어지지 않을 경우 사용중의 불편은 물론 보수비용이 건설비용을 초과하는 기현상을 낳기도 한다. 따라서 포장에 관련된 신공법은 과감하게 채택하되 충분한 검증을 거쳐서 시행되어야 하고 이때 얻어지는 경제적, 공학적 잇점은 대단히 크다고 볼 수 있다.

마지막으로 우리 도로, 특히 고속도로의 경우 사용자의 시각 역시 적지 않은 영향력을 행사하는 요소이다.

도로를 계획, 설계하고 시공하는 입장에서는 도로 사용자들의 의견이 가장 중요한 정책결정방향이 되며 또 반드시 그래야 한다는 것은 주지의 사실이다. 그러나 선정적인 여론의 호도 등에 의해 본의 아니게 이용될 소지가 많은 것 또한 감출 수 없는 사실이다. 물론 여기에는 도로관계자의 홍보부족도 큰 부분을 차지하고 있다.

일 예로 중부고속도로의 일부 구간은 연속철근콘크리트 포장공법(CRCP : Continuous Reinforced Concrete Pavement)으로 시공되어 있는데 이 포장공법은 유지보수측면에 있어 여타의 어떤 공법보다도 우수한 포장공법이다. 이 때문에 초기 건설비용이 다소 높더라도 충분한 경제성을 확보할 수 있다. 이처럼 우수한 포장공법임에도 불구하고 활성화되지 못한 이유는 물론 공학적인 판단이 가장 우선이지만 사용자들의 우려 또한 무시할 수 없는 부담으로 작용한 것 또한 사실이다. 그 이유는 이 공법으로 시공된 포장면에서 관찰되는 무수한 균열 때문인데 연속철근콘크리트 포장공법은 기본적으로 균열을 허용하는 포장이며 이러한 균열은 도로의 안전성은 물론 실제 주행성에 있어서도 전혀 차이를 나타내지 않는 측정결과를 보이고 있지만 사용자들은 단지 콘크리트에 균열이 나 있다는 사실만으로도 상당한 불편을 느끼게 된다는 것이다.

이외에도 콘크리트포장을 주행하면 타이어가 빨리 마모된다는 근거없는 우려까지 포장공법의 선호도를 좌우하기도 한다. 이는 기본적으로 도로포장이 유리처럼 매끄러울 수 없으며 그래서도 안된다는 사실을 간과한 것이다.

이러한 오해들은 우리 고속도로 포장의 주종을 이루는 줄눈콘크리트 포장의 경우 그 시공이나 품질관리 수준이 세계 정상급인 바 이에 대한 홍보가 적절히 이루어질 때 불식될 것으로 기대된다.

이상 살펴본 바를 정리하면 한 국가의 도로여건은 그 나라의 역사적 배경을 포함한 제반 사항을 고려하여 분석되고 계획되어야 하며 우리 나라의 여건상 고속도로 혹은 국도를 통한 중교통의 소화가 불가피하다는 것이다.

다음으로 최적의 도로시공이 이루어지기 위해서는 도로기술자 뿐만 아니라 정책결정자나 이해 당사자들의 협력 또한 필요하다는 것이다.

〈표-1〉 국내 고속도로 콘크리트 포장시공현황

(km : 2차로 기준)

연 도	콘크리트	아스팔트	비 고
81	64	1,697	부마 고속도로 일부구간 합성단면 콘크리트 포장 시공
84	257	1,700	88고속도로 전구간 전단면으로 콘크리트 포장 시공
87	759	1,641	중부고속도로 전구간 콘크리트 포장 시공(CRCP 시험 적용)
90	1,048	1,388	경부 고속도로 콘크리트로 재포장
93	1,459	1,450	대부분의 신설 고속도로 콘크리트 포장 적용
96	1,965	1,709	대부분의 신설 고속도로 콘크리트 포장 적용

마지막으로 사용자들에 대한 적극적인 홍보를 통해 우리 나라의 도로실정과 수준을 이해시킬 경우 보다 합리적인 도로설계 및 시공이 가능할 것으로 사료된다.

### 3. 우리 고속도로의 시공현황 및 계획

〈표-1〉은 국내의 콘크리트 포장시공현황을 아스팔트 포장시공현황과 비교하여 2차로를 기준으로 나타낸 것이다. 〈표-1〉에서 보인 바와 같이 1984년도에 88고속도로가 전구간, 전단면 콘크리트 포장으로 시공된 이래 대부분의 신설 고속도로는 물론 재포장, 확장구간도 콘크리트 포장으로 시공되고 있다. 중부고속도로와 경부고속도로 일부 구간에서 178km에 걸쳐 연속철근콘크리트 포장을 시공한 바 있다.

1997년 1월 현재 고속도로상의 콘크리트 포장 연장이 1,064km에 이르고 있으며 시공중인 고속도로가 신설 15개 노선과 확장 12개 노선에 이른다. 1997년 현재 국내의 고속도로 총대비연장은 1,893km이지만 2004년에는 3,500km가 된다.

국내에서는 한냉지에서 제설이 문제가 되는 영동 고속도로의 일부구간과 연약지반상의 일부 고속도로를 제외하고는 2004년까지 신설되는 1,700km 대부분의 신설 고속도로가 콘크리트 포장으로 시공할

계획이다.

### 4. 각 포장공법의 특성 비교 분석

앞선 절에서 보인 여러 이유로 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 장단점을 객관적으로 논하는 것은 대단히 어려운 문제이다. 따라서 본 절에서는 기본적으로 공학적 논리에 입각하여 포장공법의 장단점에 대한 비교분석을 시도해 보고자 한다.

우선 아스팔트 포장의 경우 사용자들의 시각에 비추어 좋은 점수를 받고 있는 것이 강점으로 작용할 수 있다. 즉, 승차감이 좋고 소음이 적다는 것이며 이에 따라 포장하면 당연히 아스팔트 포장을 떠올리게 되는 것이다. 여기서 하나 지적하고 싶은 아이러니는 이 때문에 포장은 자주 뜯어내고 고치는, 그래서 길을 자주 막아 대는 성가신 존재라는 시각이다.

각설하고 아스팔트 포장은 초기 건설비가 적고 시공이나 부분 보수가 용이하며 공기(工期)가 짧은 것이 장점으로 들 수 있다.

단점으로는 앞에서 언급한 바와 같이 중차량 교통이 많은 곳이나 정체가 자주 일어나는 구간에서 바퀴자국 패임(Rutting)과 같은 파손이 거의 필연적으로 발생하여 비교적 단기간에 덧씌우기 등의 유지보수가 필요하다는 점이다.

# 초점

콘크리트 포장은 초기 건설비가 많이 들고 소음이 심하며 승차감이 안 좋다는 부정적인 시각과 더불어 일상 유지보수가 어렵다는 점이 단점으로 부각되는 경향이 있다. 이에 반해 포장의 내구성이 우수하여 장기간에 걸쳐 특별한 유지보수가 필요 없다는 점과 재료의 국내 수급이 원활하고 소성변형 등의 문제가 없으므로 주행안전성을 확보할 수 있다는 등의 장점은 일반인의 시각으로는 크게 부각되지 않고 있는 실정이다.

본 소고에서는 지면관계상 각 포장공법에 대한 자세한 언급은 피하기로 하며 주로 두 공법의 차이점을 위주로 설명키로 한다.

아스팔트 포장은 하중 재하에 의해서 생기는 수직 응력이 포장을 구성하고 있는 다양한 재질의 질 층에 의해 분산되어 길 바탕 흙에 도달할 때에는 흙의 강도보다 낮은 응력을 갖도록 함으로써 기능을 발휘하도록 설계되고 있다. 상부로 올라올수록 양질의 재료를 사용함으로써 교통 하중에 의해 발생한 응력은 점차 넓은 면적에 분산되도록 하고 있으며, 포장 설계의 주 관심사인 각층의 재료 구성과 두께는 교

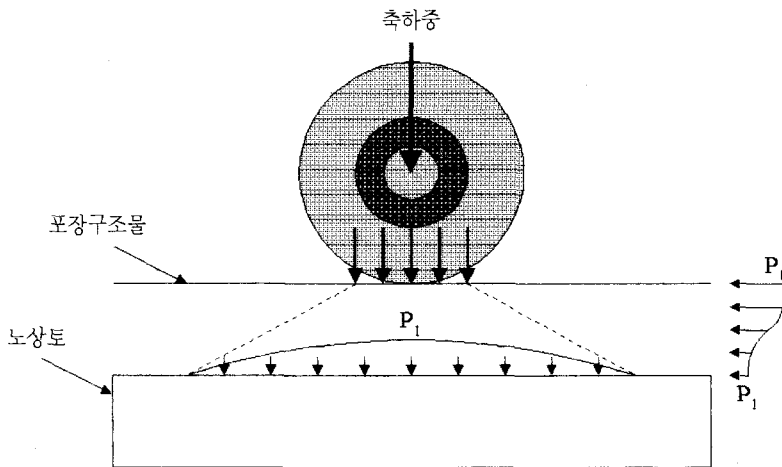
통하중과 역학적 균형을 유지하도록 하는 데 초점을 맞추게 된다(〈그림-1〉 참조).

콘크리트 포장은 콘크리트 슬래브가 교통 하중으로 인한 전단이나 휨에 저항하여 하중 재하에 의한 응력을 노상토의 지지력 이하로 전달함으로써 포장체의 구조적 안정성을 유지하도록 설계된다(〈그림-2〉 참조).

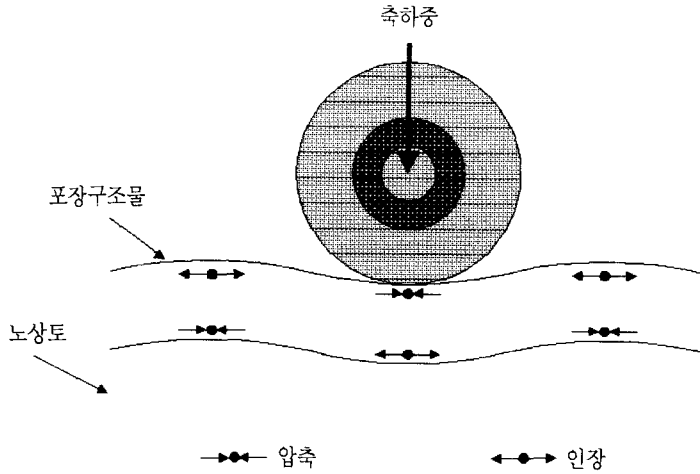
이와 같이 콘크리트 포장은 노상이나 보조기층의 탄성계수보다 콘크리트의 탄성계수가 훨씬 큰 구조물이다. 따라서 길바탕 흙의 조건이 매우 중요한 변수로 작용할 수 있는데, 예를 들어 연약지반 위에 콘크리트 포장을 적용하면 침하량이 크고 부등침하 발생에 따른 조기 파손이 우려되므로 충분한 검증이 요구된다.

이상 살펴본 바 포장구조형식상의 차이점은 국내 도로여건상 지반조건이 양호할 경우에는 신설포장의 경우 여러 측면에서 콘크리트 포장이 유리함을 시사하고 있다. 이를 시공성, 품질관리, 경제성 등의 측면에 걸쳐 분석해 보기로 한다.

건설공사의 시공성을 좌우하는 공기나 비용 측면



〈그림-1〉 아스팔트포장의 원리



<그림-2> 콘크리트포장의 원리

에서 보면 아스팔트 포장이 유리하다고 알려져 왔다. 단계 시공방식에 적합하고 신속성이나 간편성 면에서 아스팔트가 상대적으로 유리하기 때문이다. 그러나 최근 고속도로의 콘크리트 포장 기술 개선에 따라, 그 차이는 크지 않은 것으로 보고되고 있으며 1998년 현재 초기건설비용조차도 콘크리트 포장이 유리한 것으로 알려져 있다.

또 하나 콘크리트 포장을 쉽게 채택하지 못하는 요인으로 공기가 엄청나게 소요되지 않을까 하는 우려가 있는데 현재 한국도로공사에서는 양생 기간의 단축을 위해 특수시멘트를 이용하여 3일에 교통개방(지리산 IC부근)한 실적을 보유하고 있으며 재료의 품질 관리 역시 많은 고속도로 건설 경험에 따라 이미 고도의 기술이 축적되어 문제가 없는 것으로 판단된다.

다음으로 콘크리트 포장의 품질관리가 상대적으로 어렵지 않을까 하는 우려는 어쩌면 콘크리트 포장만의 문제라기보다는 두 포장 공히 지적될 수 있다. 예를 들어 아스팔트 포장의 경우 마찰시험에 따른 안정도 값과 흐름치가 품질 관리의 주요 인자로 사

용되고 있고, 콘크리트 포장의 경우는 다짐되기 전의 콘크리트 재료를 빔 형식으로 제작하여 얻은 휨강도를 이용하고 있다.

문제는 이러한 모사시험이 현재 도로의 조건을 전혀 반영하지 못하고 있다는 것이다. 따라서 현장 시공후 품질관리 즉, 비파괴 시험법 등이 다양하게 개발되어야 한다는 것이다. 현재의 포장공법들이 내포하고 있는 여러 문제점을 거의 완벽하게 해결할 수 있는 방안은 실제의 교통하중을 실제 포장면에 적용하여 모사시험하는 포장가속시험방법이다. 그러나 전 세계적으로도 콘크리트 포장을 가속시험하는 시험기는 개발되어 있지 않은데 그 이유는 콘크리트 포장의 성능저하를 유도하기 위해서는 2,000만회 이상의 운하중을 모사, 적용해야한다는 어려움이 있기 때문이다. 이에 따라 한국도로공사 도로연구소에서는 세계 최초로 콘크리트 포장을 가속시험할 수 있는 시험기 제작에 착수하였으며 1999년 말에는 Scale Model 제작을 완료하여 아스팔트 포장은 물론 콘크리트 포장의 상사모델을 시험할 수 있을 것으로 예상된다. 이 경우 실제 도로에서 발생할 수

있는 여러 조건들을 모의실험할 수 있으므로 포장에 적용되는 각종 신재료나 공법의 장단점을 단기간(4개월 이내)에 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

앞에서 언급한 바와 같이 소음 문제로 사용자들이 느끼는 불만의 대부분은 콘크리트 포장과 관련되어 있다. 아스팔트 포장과 콘크리트 포장을 동시에 달려 본 많은 이용자들이 콘크리트 포장의 소음문제로 인해 승차감 혹은 주행성이 안 좋은 것으로 평가하고 있다.

콘크리트 포장에서의 소음의 원인은 여러 가지가 거론될 수 있다. 그 중 하나는 줄눈부에서 일어나는 소음으로, 자동차의 주행면이 줄눈으로 인해 불연속이 생겨서 일어나는 것이다. 이는 연속철근콘크리트 포장의 도입으로 해결 가능하다.

다음으로 미끄럼 저항을 위해 설치하는 타이닝 또는 그루빙에 의한 소음의 발생이다. 도로 시공시 미끄럼 저항을 높이기 위해 아스팔트 포장과는 달리 콘크리트 포장에서는 빗살모양의 무늬를 횡방향으로 콘크리트 표면에 주고 있다. 이들은 미끄럼 저항을 향상시키고 배수를 지원하는 장점과 빗물 주행시 차량의 정지 능력을 상실시키는 소위 수막현상(Hydroplaning)을 방지하는 데 결정적인 역할을 하게 된다. 이 때문에 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비하여 훨씬 높은 수준의 주행안전성을 제공할 수 있으므로 이로 인한 소음은 사실 무시할 수 있는 수준이다.

또 최근 아스팔트 포장에 대해서도 이러한 타이닝이나 그루빙을 적용하는 경향이 두드러지고 있으므로 더 이상 콘크리트 포장만의 문제점이라고는 볼 수 없다.

다음으로 두 포장의 경제성 비교는 대단히 복잡하고 어려운 문제이다.

콘크리트 포장이 내구성은 좋지만 초기 건설비용이 높다는 일반 인식은 오일 쇼크 이후 높아진 아스

팔트 가격으로 인해 초기 비용 역시 아스팔트 포장이 비경제적이라는 보고가 있기도 하다. 그러나 포장의 경제성은 분석 연수에 커다란 영향을 받게 된다는 것이 일반론이며 분석 연수가 짧을 때에는 아스팔트 포장이 유리하지만 분석 연수가 길어짐에 따라 콘크리트 포장이 유리하다고 보고되고 있다.

도로 관련 건설비와 유지보수비 등의 직접비용 이외에 도로 이용자 비용 증가분과 공사중 교통사고 유발요인 증가 등을 정량화 하였을 때는 분석 기간에 상관없이 콘크리트 포장이 아스팔트 포장에 비해 항상 유리하다는 주장도 있고, 초기 약 15년간은 아스팔트 포장이 그 후부터 30년까지는 콘크리트 포장 등이 유리하다는 연구 결과도 있다.

## 5. 맺음말

이상으로 우리 나라 포장공법의 현황과 장단점을 공학외적 요인을 감안하여 비교해 보았다.

이를 정리해 보면 어떤 포장공법이든 최적의 성능을 발휘하려면 기술자의 공학적 판단이 최우선시 되어야 한다는 것이다. 전적으로 이러한 공학적 판단에만 기준한다면 우리 나라의 도로여건상 거의 대부분의 구간에 있어 콘크리트 포장공법이 유리함은 주지의 사실이다.

하지만 이러한 판단에는 국내에서의 재료수급현황이나 장기적인 경제성 분석 등도 함께 고려되어야 한다. 따라서 역학적 특성과 내구성을 포함하는 공학적 안전성과 함께 직간접경비까지 고려한 조화로운 정책결정과 시공이 필요하다는 것이다.

그러나 이외의 어떠한 비공학적 논리도 건전한 도로 건설에는 도움이 되지 않으며 이를 가능한 한 지양해야 한다는 것이 필자의 소견이다.

지면관계상 보다 자세한 설명을 할 수 없었던 아쉬움과 함께 졸고를 맺는다. 