

연구분야

도로포장 연구의 현황과 전망

김연복*

1. 머리말

최근 교통수요의 증가와 중량화로 인해 도로 포장의 파손이 심화되고 유지보수비용이 증가함에 따라 효율적인 도로포장의 설계와 관리에 대한 관심이 고조되고 있는 가운데, 우리나라에서 도로포장에 종사하는 사람들이 모여 한국도로포장학회를 발족한다는 것은 매우 시의적절한 일이라 판단되며, 이전부터 이 분야의 실무와 연구에 종사해온 한 사람으로서 매우 기쁘고 뜻깊은 일이라 생각한다.

우리 나라에서 도로포장은 해방되던 해인 1945년에 포장도로의 연장이 1000km에 불과하던 것이, 1967년의 ADB 차관과 1971년의 IBRD 차관 도입으로 고속도로와 함께 국도의 포장사업이 본격적으로 시행되어, 1998년말 현재는 1,000만 대 이상의 자동차 보유대수를 소화할 수 있는 약 90,000 km의 포장도로 연장을 보유하는 비약적인 발전을 이루어 왔다. 포장도로에 대한 양적인 증가와는 달리 도로포장에 대한 연구는 연구시설과 전문인력의 부족으로 외국의 포장 설계법을 이해하고 효율적으로 적용하기 위한 연구가 주종을 이루어왔다.

그러나 국내외적으로 도로포장은 도로시설 중에서 단일 항목으로 가장 비용이 많이 소요되는 시설물이라는 인식과 함께 도로포장을 제공하는 데 소요되는 비용을 절감하기 위한 연구개발에 많은 노력을 기울이고 있으며, 이에 따라 도로

포장에 대한 연구시설과 연구인력도 상당히 증가하였다. 이러한 상황에서 그 동안 우리나라에서 수행된 도로포장에 대한 연구와 현재의 상황, 그리고 앞으로의 전망에 대해서 살펴보는 것도 의미 있는 일이라 생각한다.

2. 기존의 연구

우리 나라에서 도로포장에 대한 연구는 1961년에 발족된 국립건설시험소에서의 연구가 처음 일 것으로 생각된다. 국립건설시험소에서의 포장에 대한 연구는 외국 기술도서의 번역 및 보급, 그리고 새로운 재료에 대한 시험포장 및 사후관측 업무가 주종을 이루었다. 그리고 아스팔트에 대한 품질인증업무와 함께 연구개발업무를 위해 Wheel Tracking 시험기를 비롯하여 각종 대형 시험장비가 도입되었다. 또한 1987년에는 건설교통부(당시, 건설부)에서 국도유지보수조사를 시행함에 따라 도로포장의 조사장비가 도입되어 국도 포장의 유지관리에 대한 조사업무를 수행하였다.

국립건설시험소가 정부의 조직개편에 따라 올해부터 한국건설기술연구원과 통합되기는 하였지만, 도로포장에 대한 자료나 전문가가 없던 시절부터 국내에서 도로포장에 대한 연구를 시작하고, 도로포장에 대한 자료를 보급하여 도로포장에 대한 개념을 국내에 소개했다는 점에서 큰 역할을 담당했다. 특히, 시험포장을 실시하고 사후관측을 실시한 자료와 1987년부터 축적된

* 한국건설기술연구원 토목연구부장

국도 도로포장의 조사자료는 앞으로 국내에서의 도로포장 연구에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

도로포장 연구기관의 하나로 1981년에 창립된 한국도로공사 도로연구소가 있다. 한국도로공사 도로연구소는 국내에서 도로포장에 대한 엘리트 집단을 형성하면서 고속도로의 포장 건설과 관리에서 발생하는 현안 문제를 해결하기 위한 다양한 연구를 해오고 있다. 도로연구소에서도 국립건설시험소와 같이 초창기에는 외국의 관련도서를 번역하여 현장의 실무진에게 보급하는 역할부터 시작하여, 점차 시험시설과 인력이 보강되면서 혼합물의 개선방안 및 포장체의 역학적 해석방법에 관한 연구가 주종을 이루다가, 최근에는 시험주로(試驗走路)의 건설과 유지관리를 위한 조사장비의 개발이 이루어지고 있으며, 이것은 도로포장에 대한 보다 실제적인 결과를 제공할 것으로 판단된다.

도로연구소의 연구 성과는 고속도로의 포장 연구를 넘어서 국내 도로포장 연구의 선도적인 역할을 하고 있으며, 연구결과는 국도, 지방도, 시도 등에 널리 보급되어 국내 도로포장의 발전에 큰 역할을 하였고, 지금도 그 역할을 충실히 수행하고 있다.

도로포장에 대한 또 하나의 연구기관으로 필자가 속해 있는 한국건설기술연구원이 있다. 한국건설기술연구원은 1983년에 재단법인으로 출발하여 1987년에 도로포장에 대한 연구를 시작하였으며, 1989년 정부출연연구기관으로 전환되었다. 초창기에는 1986년에 발간된 AASHTO 지침을 국내에 포장설계지침으로 소개하였고, 도로교통의 축하중조사를 전국적으로 실시하여 AASHTO 설계법을 국내의 축하중 자료를 이용하여 적용할 수 있도록 하였다. 시험시설과 조사장비의 부족으로 외국의 설계법과 입력 변수의 산정에 관한 연구가 주류를 이루었으나, 1991년부터 국도유지보수조사의 분석업무에 참여하면서 실측 자료를 이용한 포장관리시스템에 관한 연구를 할 수 있게 되었으며, 올해부터는 국립건설시험소와 통합됨에 따라 국내 최고의 실

험장비와 조사장비를 갖추게 되어 실무와 연구를 동시에 수행할 수 있는 좋은 여건을 마련하게 되었다.

한국건설기술연구원은 올해 초 건설교통부 산하 출연연구기관에서 국무총리 산하의 공공연구회에 편입됨에 따라, 국내 도로포장 전반에 대한 정책 지원 역할이 한층 높아졌으나, 일정 부분의 정부출연금 이외의 비용은 수익사업을 통해 충당해야 하는 어려움으로 인해 정책 지원 역할이 다소 미약한 실정이다. 그러나 1991년부터 참여해온 국도유지보수조사업무의 경험과 국립건설시험소와의 통합으로 구축된 시험시설을 효율적으로 이용한다면 앞으로 수익사업과 함께 정책 지원 역할도 충분히 수행할 수 있으리라 판단된다.

그 외에 국내에서의 도로포장에 대한 연구는 업계와 학계에서 부분적으로 수행되었으나, 시험장비의 부족과 도로포장에 대한 연구의 인식 부족으로 연구비의 지원이 적어 단편적인 연구가 대부분이었다.

앞에서 살펴보았듯이 국내에서의 도로포장에 대한 연구는 도로포장의 불모지나 다름 없는 여건에서 시작되었다. 외국의 경우를 살펴보면 도로포장은 시대의 요구에 맞추어 발전하여왔다. 즉, 국내에 도로포장에 대한 기반이 없던 시기에는 외국의 설계법을 먼저 도입하여 이를 적절히 이용하는 것이 시대의 요구였으며, 이를 좀더 개선시키려는 노력을 요구했을 뿐, 더 이상의 것을 요구하지는 않는 시대 상황이었다.

3. 상황의 변화

그러나 최근 들어 과거에는 경험하지 못했던 차량의 증가와 중량화가 가속되고, 여름철 이상고온과 중첩되면서 포장의 파손은 급속히 진전되어, 기존의 경험적인 설계법으로는 이에 적절히 대응할 수 없어 새로운 재료와 공법 그리고 이에 대한 설계법이 요구되고 있다. 또한, 포장 파손이 급속히 진전됨에 따라 포장 보수비용도 급속히 증가하는 반면, 도로 보수예산을 결정하

는 국회나 지방자치단체의 지방의회에서는 포장 보수비용 증가에 대한 적절한 근거를 요구하고 있으며, 근거가 충분치 않을 경우 포장도 보수 예산을 급격히 줄이는 상황이 진행되고 있다. 따라서, 포장도의 보수비용은 증가하고, 이용자의 요구수준은 높아지며, 보수예산은 삭감되는 등 도로관리기관에서는 이러한 모순적인 상황이 직면하게 된 것이다.

어떻게 해결할 것인가? 도로포장에 대한 연구자들은 이러한 새로운 상황에 직면하여 도로포장에 대한 근본적인 질문을 하게 된다.

“도로포장을 설계한다는 의미는 무엇인가?”

“일정 기간 동안 평탄하고 안전한 노면을 경제적으로 제공하기 위해 설계한다.”

“그렇다면 도로포장의 설계는 유지보수를 포함하여 평탄하고 안전한 노면을 일정 기간 제공할 수 있는 대안들 중에서 가장 경제적인 전략을 찾아내는 것이다.”

“다양한 설계전략의 경제성을 평가하기 위해서는 각각의 설계에 신뢰성이 있어야 하지 않는가?”

“그러므로 평탄하고 안전한 노면을 경제적으로 제공하기 위해서는 다양한 설계전략에 대한 신뢰성 있는 파손의 예측이 필요하다.”

이것은 도로포장에 대한 중요한 인식의 변화를 의미한다. 도로포장의 설계개념이초기 단면 구조를 규정하는 개념에서 전략의 개념으로 발전된 것이다. 즉, 실행 가능한 전략 중에서 가장 경제적인 설계전략을 선택하는 개념으로 변화된 것이다. 이러한 과정으로부터 도로포장의 보수 예산에 대한 정당성을 확보할 수 있으며, 새로운 재료나 공법에 대한 정당한 평가를 할 수 있게 될 것이다. 이를 위해서는 다양한 설계전략에 대해서 신뢰성 있는 예측을 할 수 있는 설계 모델의 개발이 필요하다.

지금까지의 포장설계법은 전통적으로 규범적이고 결정론적인 방법이었다. 설계자가 특정한 조건에서 발생될 수 있는 손상의 유형과 정도

그리고 시간을 예측하기보다는 조기 파손을 피하기 위해 처짐량, 안정도 또는 다른 변수들의 한계를 설정해 왔다는 점에서 규범적이었다. 또한, 설계방정식이나 모델들이 단일 해를 예측하며 통계적 분산이나 신뢰도를 고려하지 않았다는 점에서 결정론적이었다.

우리 나라의 실제지침에는 소개되지 않았지만, 1986년 AASHTO 지침의 I편에는 포장과 관련된 모든 요소들의 연계성을 설명하는 포장관리와 설계전략의 경제성을 평가하기 위한 수명주기 비용분석(Life Cycle Cost Analysis) 방법과 포장설계의 신뢰성이 먼저 소개되고 있으며, 이는 1961년 AASHTO 도로시험 이후 포장의 설계와 공용성에 대한 개념이 발전하여 이의 중요성을 제시하기 위한 것으로 생각된다.

이러한 개념을 도로포장에 적용하기 위해서는 재료, 설계, 시공 및 유지관리 각 분야 사이에 정보가 환류(feedback)하도록 하여 이들을 서로 연계하고 포장을 제공하는 전체 시스템의 신뢰성을 높여갈 필요가 있다. 이러한 큰 틀 속에서 각 분야에서의 연구가 서로 연계되고 각각의 의미를 갖게 되며, 정량적으로 평가받을 수 있게 될 것이다.

도로관리기관에서 현재 직면하고 있는 모순은 도로포장과 관련된 모든 분야가 협력해서 해결해 나가야 한다. 산업계에서는 새로운 재료와 공법을 개발하고 학계에서는 이러한 재료와 공법을 평가할 수 있는 이론적 평가방법을 지원하고, 연구기관에서는 이들을 서로 연계하여 실용화하고, 이들 성과의 경제성을 도로관리기관에 제시하여 실행될 수 있도록 해야하며, 도로관리기관에서는 이러한 흐름이 원활히 수행될 수 있도록 행정적, 경제적 지원을 아끼지 말아야 한다. 이것이 도로 비용을 줄일 수 있는 방법이며, 국민의 세금을 가장 효율적으로 사용해야하는 도로관리기관의 의무라 생각한다.

4. 필요한 연구분야

기존의 연구내용과 방법으로는 서로의 관련성

을 연계할 수 있는 체계가 없기 때문에 이러한 문제를 효과적으로 해결할 수 없다. 이러한 문제를 효율적으로 해결하기 위해서는 도로포장을 제공하는 데 모든 요소들이 서로 관련성을 가져야 하며 결국에는 실제 포장의 공용성 즉, 도로 파손과 관련을 가져야 한다.

물론 미국에서는 이러한 인식에 기반을 두고 SHRP이라는 대형 연구 프로젝트에 아스팔트 바이더의 공용성 등급과 혼합물 규격을 포함시켰으며, 장기 공용성 관측 프로젝트는 지금도 수행하고 있다. 이는 도로포장과 관련된 모든 행위가 포장의 파손과 관련되어야 하며, 공용성에 미치는 요소를 확인하여 설계에 반영하고자 하는 연구라 할 수 있다. 국내에서 이러한 연구를 수행하기 위해 필요하다고 생각되는 몇 가지 분야를 짚어보고자 한다.

먼저 도로포장의 공용성을 조사할 수 있는 장비의 보급과 공용성 평가체계를 수립해야 한다. 우리 나라에서 주로 사용하고 있는 AASHTO 포장설계법의 설계개념은 포장의 공용성과 관련이 있다. 즉, 포장설계란 양호한 노면 상태에서부터 최종 파손 상태에 이를 때까지 견딜 수 있는 포장구조를 제공하자는 개념이다. 따라서, 이 설계법의 신뢰성을 평가하기 위해서는 노면의 조사와 평가가 필요하다. 이것이 국내에서 포장의 연구가 지연된 가장 큰 이유라 생각한다.

둘째, 새로운 재료와 공법에 대해 공용성과 관련된 평가체계를 수립하는 것이다. 이것은 공용성 조사를 통해 지속적으로 평가체계를 개선해 나가야 할 것이다. 국내에서도 아스팔트 바이더와 혼합물이 개발되고 있음에도 불구하고, 이들의 공용성으로부터 초기비용의 증가를 정당화할 수 있는 평가체계가 아직 마련되어 있지 않다. 새로운 재료와 공법의 개발과 적용은 도로 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 방안 중의 중요한 요소이다. 이를 평가할 만한 체계가 아직 없다는 이유로 이의 적용을 지연시킨다면 개발자의 의욕을 저하시킬 뿐만 아니라, 도로관리자는 비용을 줄일 수 있는 기회를 놓치게 된다. 물론 시험 적용에서 실패할 가능성도 있다. 그

러나 이러한 실패의 원인을 분석하여 평가체계에 반영함으로써 다음에 실패할 가능성을 줄일 수 있다.

셋째, 도로포장의 시공상의 품질관리 기준도 포장의 공용성과 관련하여 등급체계를 수립해야 한다. 이것은 동일한 재료와 장비를 이용하여 시공한다 할지라도 시공상의 품질관리 수준의 차이에 따라 포장의 공용성에 영향을 미치는 것은 당연하다. 물론 품질관리의 수준을 높이면 초기비용은 증가할 것이며, 이것은 포장의 공용성 증가 또는 포장의 신뢰성으로 충분히 정당화될 수 있음이 입증되어야 한다.

이러한 연구를 효율적으로 수행하기 위해서는 다양한 분야의 지식을 필요로 한다. 먼저, 포장의 비용과 관련된 요소들을 확인하고 이들을 경제적 가치로 환산하며, 시기가 다르게 발생하는 비용을 평가할 수 있는 기준을 설정하기 위해서는 경제학 분야의 지식이 필요하다. 그리고, 도로포장의 공용성에 영향을 미치는 요소는 다양하며 이들을 모두 정량화하기는 힘들기 때문에 공용성에는 많은 불확실성을 내포하게 된다. 이러한 불확실성을 효과적으로 다루기 위해서는 통계학적 지식이 필요하다. 또한, 수많은 설계대안 중에서 최적의 대안을 설정하기 위해서는 경영학적 지식을 필요로 한다. 따라서, 도로포장을 포괄적으로 다루고 연구하기 위해서는 도로포장에서 발생하는 문제점을 먼저 분명히 하고 이를 해결할 수 있는 타 분야의 지식을 효과적으로 이용하려는 노력이 필요하다.

5. 맺음말

도로포장은 시대의 요구에 따라 발전해 왔다. 자동차가 발명되어 일반화되기 전에는 군사용 도로포장을 필요로 했고, 자동차 시대가 도래하면서 도로포장의 설계법이 발전하기 시작하였다. 자동차 시대의 초기에는 교통량과 하중이 적어 역학적으로 파괴되지 않을 만한 포장설계가 요구되었다. 그러나 자동차의 발달과 함께 화물수송이 증가하면서 도로포장의 파손이 심화

되기 시작하면서 합리적인 설계법이 요구되어, 미국에서는 대규모의 시험포장을 실시하여 하중과 포장단면과 포장의 공용성 사이의 관계를 정립하여 AASHTO 설계법을 개발하게 되었다. 그러나 도로 연장이 증가하고 도로 파손이 지속적으로 발생하여 이에 대한 보수비용이 기하급수적으로 증가하자 포장의 파손과 관련된 보다 신뢰성있는 설계법을 개발하고자 노력하고 있는 상황이다.

국내에서도 자동차가 국내에 도입되면서 도로포장은 시작되었고, 외국의 설계법을 도입하여 적용해 왔으며, 이로 인해 큰 문제가 발생하지는 않았다. 그러나 도로 연장과 자동차의 증가, 중차량의 증가 그리고 최근의 이상 고온 등으로 인해 포장의 파손이 급격히 증가하여 도로포장

은 이제 매년 수천 억 원을 삼켜버리는 공룡으로 우리 앞에 나타나고 있다. 이 거대한 공룡을 누가 어떻게 잡을 것인가?

시대 상황은 우리에게 새로운 도전을 요구하고 있다. 이러한 도전은 체계적이고 효율적인 연구를 통해서만이 적절히 대응해 나갈 수 있을 것이다. 기존의 포장 지식에 타 분야의 지식을 접목하여 새로운 지식체계를 구성해 나가야 할 것이다. 국내 도로포장 연구자들과 도로관리기관의 분발을 독려하는 의미에서 Hudson과 Haas의 다음 글을 인용하면서 글을 맺고자 한다.

“Research costs money! Innovation saves money! Good research produces innovation!”

한국도로포장공학회 회원가입안내

(1) 회원의 종류

- 정 회원 : 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 개인이나 단체

(2) 회 비

- 입 회 비 : 20,000원(정회원에 한함)
- 연 회 비 : ① 정 회원 : 20,000원 (중신회비 400,000원)
 ② 학생회원 : 10,000원 (대학 및 전문대학생에 한함)
 ③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상
 2 급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 5만원

(3) 입회신청

회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

(4) 회비납부 (가입회원명의로 입금)

한빛은행(역삼동지점) : 122-169621-02-101 한국도로포장공학회

사무국 : 서울특별시 강남구 역삼동 776-13 (성원빌딩 7층)

전화 : 02-564-5642 팩스 : 02-569-4707

사단법인 한국도로포장공학회