

# 서울시 장대교량 교면포장의 문제점 분석과 개선방안 연구

## Study to Analyze and Improve the Problem to the Long Span Bridge Deck Pavement in Seoul Metropolitan

김광인\* · 김명재\*\* · 박희영\*\*\* · 이현종\*\*\*\*

Kim, Kwang In · Kim, Myoung Jae · Park, Hee Young · Lee, Hyun Jong

### 1. 서 론

현재 서울시에 20개의 한강 교량을 포함한 약 30여개의 장대교량이 있으며 이를 통행하는 연평균 일교통량(AADT)은 160만대에 달한다. 또한 장대교량을 통과하는 교통량의 연 증가율이 0.2%에 달하고 있다. 이처럼 점증하는 교통량에 의해서 교량 상부를 구성하는 교면포장은 교량의 구조적인 보호와 사용자들에게 안전성 및 편의성뿐만 아니라 서울시 포장도로의 질적 향상을 위하여 그 중요성이 크게 부각되고 있다. 특히, 최근에 서울시의 경우는 중차량의 급격한 증가로 인해 교면포장의 파손이 급증하고 있으나, 교통소통의 문제로 인해 유지보수 또한 쉽지 않은 실정이다. 하지만 현재 서울시의 경우 검증되지 않은 다양한 공법들이 적용되고 있으며 교면포장에 대한 시공, 품질 및 유지관리 기준이 미비한 상태이기 때문에 제도적인 면과 기술적인 면에서 많은 문제점들을 가지고 있다. 본 연구에서는 현재 서울시 장대교량 교면포장의 파손현황 및 원인파 교면포장 관리의 제도적인 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하고, 기술적인 문제점을 파악하여 이에 대한 대안을 제시하기 위한 연구를 수행하였다.

### 2. 서울시 장대교량 교면포장의 현황 조사 및 분석

서울시 장대교량의 교면포장관리는 건설안전본부의 교량관리부와 6개 도로관리사업소에서 분담하여 관리하고 있다. 교량관리부에서는 교면포장의 재시공에 대한 관리를 실시하고 있고 도로관리사업소에서는 부분보수에 대한 관리를 실시하고 있다. 본 연구를 수행하면서 각각의 관리사업소와 교량관리부에서의 교면포장 보수 및 재포장 자료들을 수집하여 문제점을 확인하였고 서로 다른 시스템 구성에 따른 타당성을 분석하였다.

#### 2.1 서울시 장대교량 교면포장의 현황

본 연구를 위하여 한강상의 교량 20개와 그 외 3개 교량에 대한 시공초기 자료와 시스템의 구성, 그리고 2003년도의 보수기록을 분석하였으며 그 중 대표적인 10개 교량에 대한 결과는 표 1과 같다.

본 연구에서 실시한 장대교량 자료를 기초로 지속적인 Monitoring을 실시한다면, 다양하게 적용되고 있는 각각의 재료와 공법들에 대한 공용성분석이 가능할 것으로 사료된다.

---

\* 학생회원 · 세종대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: ini502@hanmail.net  
\*\* 학생회원 · 세종대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: modern95@hotmail.com  
\*\*\* 학생회원 · 세종대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail: heeyoung2000@hanmail.net  
\*\*\*\* 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 부교수 · 공학박사 · E-mail: hlee@sejong.ac.kr



표 1. 서울시 장대교량 교면포장 구조와 보수기록

상판구조 형식	연번	교량명	포장재질	포장구조	방수	시공연도	2003년 보수 총 개소	폭(m)	연장(m)	면적 (㎡)	10m×10m당 보수횟수
R C	1	원효대교	SBR	50mm	-	1995	12	20	1,120	22,400	0.05
	2	성수대교		80mm	도막식 클로로프렌	1997	111	35	392	13,720	1.24
	3	동호대교		50mm	도막식	2002	232	20.4	1,220	24,888	0.93
	4	반포대교		80mm	도막식 폴리머함침	2002	33	25	1,490	37,250	0.089
	5	노량대교	일반 Asp	50mm	도막식	1990	571	21.4	2070	88,596	0.64
	6	두모교			도막식	1997	117	16.8~ 23.4	3,670	65,503	0.18
	7	영동대교			도막식 클로로프렌	2001	293	25	1,065	26,625	1.1
	8	한남대교			SBS	80mm	도막식 클로로프렌	2001	42	25.5	916.6
강 상 판	9	동작대교	SBR	70~82mm	도막식 클로로프렌	1984	112	28.6	1,245	35,607	0.31
	10	가양대교	SBS GUSS	40mm 40mm	GUSS 아스팔트시공	2002	-	16.5~ 36.0	1,603	39,310	-

2.2 서울시 장대교량 교면포장의 주요 파손유형 분석

서울시 교면포장은 연평균 150개소에 대해서 보수가 실시되고 있다. 그중 포트홀이 차지하는 비율이 가장 크며 시기적으로는 여름철에 가장 많은 파손이 발생하고 있다. 서울시 장대교량 교면포장에 발생하는 주요 파손유형과 국도 교면포장의 파손유형을 비교해본 결과는 그림 1과 같다. 국도 교면포장의 주요 파손유형은 균열, 포트홀, 요철순으로 나타났지만 서울시의 경우 포트홀이 대부분이다. 이는 서울시 교면포장에 포설되는 아스콘이 대부분 외곽지역에 있는 플랜트로부터 이송되기 때문에 운반중에 발생하는 열손실에 의해서 충분한 다짐이 실시되지 못하기 때문이며 또한 양질의 골재원 부족으로 인해서 아스팔트와 골재표면과의 부착력이 현저히 떨어지기 때문으로 사료된다.

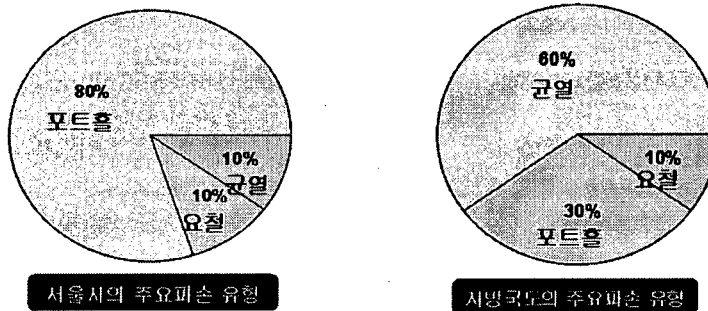


그림 1. 서울시와 국도 교면포장의 주요파손유형 비교

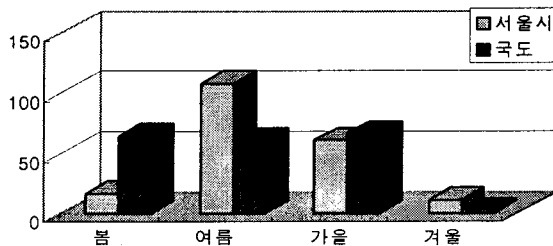


그림 2. 서울시와 국도 교면포장의 계절별 파손 비교



또한, 서울시와 국도 교면포장의 계절별 보수횟수를 비교하면 국도의 경우 봄, 여름, 가을에 보수개소가 큰 차이를 보이지 않는 반면에 서울시 교면포장의 경우 여름철에 보수개소가 집중되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 서울시의 경우 포트홀 파손이 다른 파손형태에 비해서 월등히 많기 때문으로 사료된다.

### 3. 서울시 장대교량 교면포장의 문제점 분석

본 연구를 통해서 확인된 서울시 장대교량 교면포장의 문제점을 크게 시스템 구성상의 문제점과 재료적인 문제점 그리고 제도적인 문제점으로 분류 하였다.

#### 3.1 교면포장 시스템 구성의 문제점

서울시 교면포장의 시스템 구성에 문제점은 크게 포장층 두께의 부족과 아스팔트층의 단일층 시공, 그리고 배수능력의 저하 등이다. 각각의 문제점들에 의한 영향을 다음과 같이 정리 할 수 있다.

- 포장층 두께의 부족 : 서울시 교면포장에 대한 현황 조사를 통해서 포장층의 두께가 50mm로 시공되어진 다수의 교량들이 있음을 확인 하였으며 이러한 교량에서는 파손이 월등히 많이 발생함을 확인 하였다. 특히 일반 아스팔트를 적용한 50mm두께의 포장층에 경우 다른 교량들에 비해서 보수실시 개소가 2~3배에 달하는 것으로 확인 되었다. 아스팔트층의 두께가 얇은 경우에는 밀립과 균열이 쉽게 발생되고 수분의 침투 또한 용이 하기 때문에 포트홀에도 영향을 미칠 수 있다.
- 포장층의 단층 구성 : 일반적으로 교면포장은 상층과 하층으로 구성되어야 하며 단층으로 구성되어질 경우 보수 작업시 방수층의 손상을 초래 할 수 있고 또한 다짐이 불충분하여 수분이 쉽게 침투할 수 있다는 문제점이 있다. 현재 서울시 교면포장에는 상·하층의 구분 없이 단층으로 과거에 시공되어진 교량이 있으며, 최근에 시공되어진 교량도 단층으로 구성되어 있다.
- 체류수 배수의 문제 : 포장체내에 체류수가 존재하게 되면 아스팔트와 골재의 재료분리를 일으키게 되고 교통하중이 통과하게 되면서 높아진 간극수압에 의해서 포트홀이 발생하게 된다. 때문에 포장체내 체류수의 배수는 포장의 공용성 증대에 있어 중요한 인자라 할 수 있다. 서울시 교면포장에 적용하고 있는 포장체내 체류수의 배수공법은 유공관 매설공법을 적용하고 있다. 하지만 유공관의 경우에는 국부적인 배수효과만을 얻을 수 있으며 포장체내 체류수가 유공관까지 흐르지 못한다는 문제점을 안고 있다.

#### 3.2 교면포장의 재료적인 문제점

서울시 교면포장의 재료적인 문제점은 크게 양질에 골재원의 부족과 아스콘품질의 저하로 분류할 수 있으며 각각의 문제점에 의한 영향을 다음과 같이 정리 할 수 있다.

- 양질의 골재원 부족 : 서울시 교면포장에 적용되고 있는 아스콘의 경우 양질의 골재원이 부족하기 때문에 대부분이 재생골재를 사용하고 있다. 재생골재는 표면조직의 거칠기가 부족하기 때문에 아스팔트가 골재의 표면 완전하게 부착하지 못하고 이로 인해 쉽게 재료분리 현상이 발생하게 된다.
- 아스콘의 품질 저하 : 대부분의 플랜트가 도시 외곽지역에 위치하고 있기 때문에 현장에 도착한 아스콘의 온도가 저하되어 다짐온도를 충족시키지 못하게 되어 충분한 다짐 효율을 얻지 못하게 된다. 다짐이 불충분한 경우에 대기중의 공기와 접촉으로 인해 산화되기 쉽고, 수분의 침투가 쉽기 때문에 조기에 균열이 발생하는 문제를 갖게 된다.

#### 3.3 제도적인 문제점

포장을 관리하는 관리체계가 이원화 되어있어 효과적으로 관리하기 힘들다. 교량관리본부는 초기 시공과 재포장만 관리하고 도로관리 사업소는 부분보수만 담당하고 있어 서로간의 유기적인 정보교류가 이루어지지 않아 정확한 보수횟수 조차 확인하기 힘든 실정이다. 보수이력자료를 1년간 보관하고 DATA BASE화 시키지 않고 파기하기 때문에 다양하게 적용되는 각 공법들의 효과 분석이 힘들다. 품질관리를 위한 체계적이고 과학적인 설계 및 시공지침의 미비, 입증되지 않은 외국기술의 무분별한 도입 및 적용으로 인하여 선진국에

비해 포장수명이 현저히 짧은 실정이다. 또한 시공이후에 사후 관리가 잘 실시되지 않고 있으며, 몇몇 교량을 제외하고는 시공현장에서 품질관리는 전혀 이루어지지 않고 있다.

#### 4. 서울시 장대교량 교면포장의 개선방안

본 연구에서는 앞서 언급한 서울시 교면포장의 문제점 해결을 위한 개선방안 도출을 위해 적합한 교면포장 시스템의 구성과 재료의 품질저하를 방지하기 위한 단기적인 방법 및 교면포장의 효율적인 관리를 위한 제도적인 개선방안을 도출하였다.

##### 4.1 교면포장 시스템 구성의 대안

본 연구에서는 교면포장의 최적 두께를 결정하기 위하여 유럽에서 적용하고 있는 교면포장 단면을 확인하였고 유한요소 프로그램인 아바쿠스(ABAQUS)를 이용하여 상판과 아스팔트층 하부 사이에서 발생하는 전단응력에 대한 해석을 실시하였다. 아바쿠스를 이용한 해석결과와 서울시 교면포장에 주로 적용되고 있는 도막식 클로로프렌의 실내 전단강도시험 결과를 이용하여 그림 4와 같이 포장층의 두께가 부족할 수록 포장 하부와 방수층 사이의 경계면에 발생하는 전단응력이 증가하고 이러한 전단응력이 포장층 및 방수층 접착면의 전단강도를 초과하게 되면 포장과 방수층의 부착력이 상실되어 포장체의 밀립 현상이 발생하게 된다. 이러한 부착력 상실은 밀립뿐만 아니라 포트홀의 유발에도 큰 영향을 미친다. 또한 차량의 제동하중이 증가할 수록 전단응력이 증가하는 해석 결과를 얻었다.

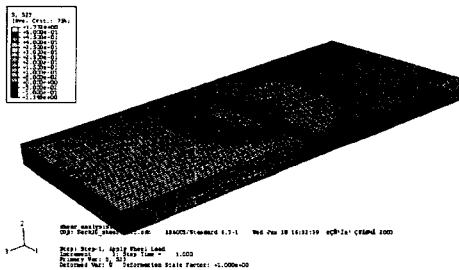


그림 3. 전단응력 분포도

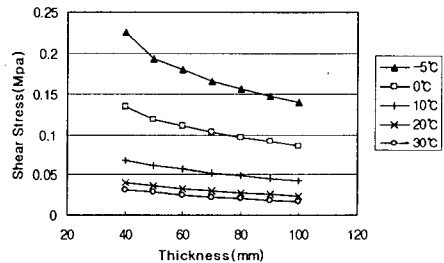


그림 4. 포장하부와방수층사이에 발생하는전단응력.

이러한 해석결과를 이용하여 포장층의 적정 단면 두께를 검토하기 위하여 실시한 포장 및 방수층의 직접 전단 시험 결과를 분석하였다. 표 2에서 보는바와 같이 도막방수재 A의 전단강도는 0.15MPa이고 B의 전단강도는 0.05MPa로 나타났다. 따라서 그림 4를 통하여 20°C의 온도조건하에서 다양한 포장의 두께 및 제동하중에 대한 전단응력을 알 수 있고 이를 통해 표 3과 같이 안전율을 계산할 수 있다.

표 2. 도막식 방수재의 전단강도

방수재 종류	전단강도정수	부착력 (c, kg/cm <sup>2</sup> )	내부마찰각 (φ, °)
A		1.5	25.6
B		0.5	16.7

포장의 적정 두께를 결정함에 있어서 교면포장은 일반 구조물과는 달리 손상을 입기가 쉽고 포장층에 수분이 침투할 경우 방수층과 포장의 부착력이 급격히 약화될 수 있어 적어도 안전율을 5 이상은 고려하여야 할 것으로 판단된다. 안전율을 5로 가정할 경우 이미 도막 방수재 B의 경우에는 표 3에서 처럼 모든 경우에 안전율이 5에 미치지 못하고, 방수재 A의 경우에는 제동하중이 10% 미만일 경우 포장두께가



50mm 일 때에도 안전율이 5 이상으로 어느 정도 안정성을 확보하고 있으나 제동하중이 30%로 증가할 경우 적정 포장의 두께는 80mm 이상이어야 함을 알 수 있다. 따라서 밀립이나 균열, 포트홀 등의 파손을 억제하기 위해서는 기존의 포장두께 50mm는 경우에 따라서 부족함을 알 수 있고 적정포장두께는 80mm 내외임을 알 수 있다.

표 3. 포장두께에 따른 방수재별 안전율 (20℃)

제동하중	방수재 종류	포장 두께			
		50mm	60mm	70mm	80mm
10%	A	6.3	6.7	7.1	7.7
	B	2.1	2.2	2.4	2.6
20%	A	5.0	5.4	5.9	6.4
	B	1.7	1.8	2.0	2.1
30%	A	4.1	4.6	5.0	5.4
	B	1.4	1.5	1.7	1.8

4.2 재료적인 개선방안

양질의 골재를 확보하기 위해 단기적으로는 플랜트에 대한 관리감독을 강화하고, 장기적으로는 양질의 골재확보를 위한 대책이 필요하다. 혼합물 운반 시 온도저하를 방지할 수 있는 시스템을 개발하여야 하며, 포트홀을 억제할 수 있도록 배합설계를 강화해야 하며 필요시 석분 대신에 시멘트를 소량 사용하여 재료분리를 방지할 수 있고, 다짐을 충분히 실시해야만 한다.

4.3 제도적 개선방안

그림 5는 서울시 장대교량 교면포장 유지관리시스템 구성도를 나타낸 것이다. 도로관리 사업소에서는 담당 교량에 대해 국부보수 작업에 대한 보수횟수와 파손 유형 및 계절별 파손형태에 대한 DATA BASE 화를 해야 하고, 상부에 보고한다. 이 자료를 바탕으로 교량별 및 계절별 파손특성을 예측할 수 있어야 한다. 건설 안전본부는 교면포장 공법간의 효과 분석을 하고, 재포장을 위한 교량 상태파악 및 보수우선순위를 결정하고, 공법 및 시스템을 결정하는 등 총괄적인 교량 관리를 주관한다. 이처럼 교면포장을 관리하고 있는 기관들의 유기적인 상호 교류가 필요하다. 이 시스템의 효과는 각각의 관리시스템을 하나로 일원화시킬 수 있고, 다양한 공법간의 효과 분석이 가능하며, 효율적인 예산편성이 가능해 서울시 교면포장의 수준 향상이 기대된다.

교면포장의 품질관리를 위한 물성시험과 시공기준 및 유지 관리 기준이 정립되어야 하며 시공단계에 대한 현실화가 필요하다. 대부분 선진국에서는 교면포장의 공법 및 재료 선정에 있어 초기 시공비가 많이 들더라도 가장 내구성이 우수한 공법과 재료를 적용하고 있지만, 국내에서는 경제성을 중시해 시공단가가 일반 도로포장과 차이가 없다. 이러한 시공단가의 비현실성 때문에 보수횟수가 증가하고 포장수명도 현저히 짧아지게 된다. 교면포장 설계 시 경제성 보다 내구성 확보를 우선시하는 정책 방향 책정과 시공단가의 현실화가 필요하다.

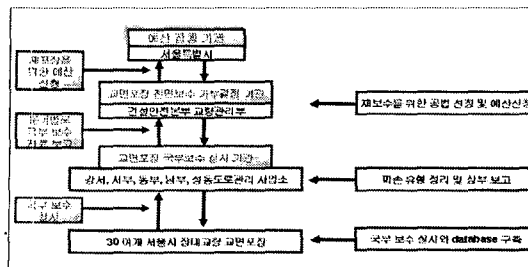


그림 5. 서울시 장대교량 교면포장 유지관리시스템 구성도



## 5. 결 론

본 연구에서는 서울시 장대교량 교면포장의 파손현황 및 원인과 교면포장 관리의 제도적인 문제점을 분석하여 개선방안을 제시하고, 기술적인 문제점을 파악하여 이에 대한 대안을 제시하기 위한 연구를 수행하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 아스팔트층은 상·하층의 두 개층으로 구성되어야 하며 밀림과 균열을 억제하기 위하여 두께는 80mm 이상을 유지해야 한다. 램프구간이나 급경사 구간은 100mm 이상도 가능하다.
- 2) 현재 적용중인 배수 공법은 국부 배수효과만을 얻을 수 있기 때문에 단기적으로는 유공관 매설시 횡방향 간격을 조밀하게 설치하며 선진국의 경우처럼 전단면 배수를 촉진할 수 있는 배수층 설치가 필요하다.
- 3) 양질의 골재원을 확보할 수 있는 대책이 필요하며, 운반 시 온도저하 방지시스템이 필요하며, 재료분리 방지를 위해 소량의 시멘트를 첨가해야 할 것으로 사료된다.
- 4) 제도적으로는 교면포장 유지관리 시스템 구축해 교면포장을 관리하고 있는 기관들의 유기적인 상호 교류가 필요하다. 교면포장 설계·시공·품질관리 지침 개발이 시급하다. 또한, 교면포장 설계시 경제성보다는 내구성 확보를 우선시하고, 시공단가의 현실화가 필요하다.

## 참 고 문 헌

1. 교면포장의 설계와 시공 일본 도로국.
2. 서울시 도로관리 사업소 유지보수 일지 (2003년도 보수일지).
3. Department of Civil Engineering, University of Bristol (1985). "Durability and stiffness of mastic asphalt on steel bridge deck plates loaded in flexure" TRL Report CR5, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, U.K.
4. Macdonald, M. D., (1996). "Waterproofing concrete bridge deck: Material and Methods" TRL Report CR636, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, U.K.
5. Price, A. R (1990). "Laboratory Tests on Waterproofing Systems for Concrete Bridge Decks" TRL Report 248, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, U.K.
6. Price, A. R (1991). "Waterproofing of concrete bridge decks: Site practice and failures" TRL Report RR317, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, U.K.
7. Stevenson, A., Evans, W. (1992). "The adhesion of bridge deck waterproofing materials" TRL Report CR325, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, U.K.
8. Vibeke Wegan, (2000). "Surfacing of Concrete Bridge" Danish Road Institute Report 106
9. Ylva Edwards and Pereric Westergren (2001). "Polymer modified waterproofing and pavement system ofr the High Coast Bridge in Sweden" Swedish National Road and Transport Research Institute. VTI rapport 430A