

도로포장에 시멘트의 활용현황 및 전망

윤 경 구

<강원대학교 토목공학과>

1. 서 언

도로는 자동차의 발달에 힘입어 이용자가 가장 편리하게 목적지까지 도달하게 하는 교통수단을 제공하고 있다. 이러한 국내도로 연장은 2002년 현재 96,037km이며, 도로포장율은 미개통 도로를 포함할 경우 76.7%이다. 인구 천명당 도로의 연장비는 1.88km로서 경제협력개발기구(OECD) 소속국가 중에서 최하위에 머물고 있으며, 자동차의 등록대수가 1,400만대를 넘어서고 있다. 차량이 증대함에 따라 도로의 이용율이 많아져 도로에 투자되는 예산도 증가할 것이다. 2002년 국가예산 중 도로투자예산은 약 8조원에 이르고 있으며, 지자체나 민간건설 비용까지 포함하게 되면 적어도 10조원 이상이 도로에 투자되고 있다. 이중 도로포장에 투입되고 있는 비용은 약 20-30%에 해당된다.

우리나라 콘크리트포장 기술은 1984년에 완공된 88고속도로를 바탕으로 1987년에 준공된 중부고속도로의 설계 및 시공기술을 바탕으로 발전하여 왔다. 콘크리트포장은 중차량에 뛰어난 적용성과 장기간의 공용성을 지니고 있으며, 국내의 비교적 풍부한 시멘트를 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있기 때문에 콘크리트포장의 사용이 점차 증대하여 왔다. 그러나 최근 국가 기본 도로망은 국축되었다는 정부 일부의 인식하에 도로예산이 축소되고 있으며, 콘크리트포장의 조기열화, 소음, 유지보수의 어려움 등 콘크리트포장에 대한 문제점들이 제기되고 있다. 따라서 본고에서는 우리나라의 콘크리트포장의 현황과 문제점을 파악하고 전망에 대해 기술하고자 한다.

2. 우리나라 도로정책의 추진방향

2.1 도로정책의 발전과정

- (1) 1960년대 이전
 - 도로연장 : 5263km, 포장율 0.03%
- (2) 1960년대
 - 경제성장과 지역개발을 위해 기간도로망 구축에 중점을 두고 도로에 GNP 대비 0.8%~1.5% 투자
 - 68, 70년까지 경부, 경인 등 고속도로 472km 건설, 포장률 20.4%로 증대
- (3) 1970년대
 - 호남, 남해, 영동, 구마, 부마 등 5개의 고속도로가 건설되며 현재 공용중인 고속도로 전체의 75%인 1,124km를 구축
 - 70년대 후반 포장률 60.7%, GNP 대비 0.5~1.3% 도로에 투자
- (4) 1980년대
 - 차량의 증가 및 교통수요에 대응하는 수준의 도로건설에 그쳐 '90년대 시설부족 초래
 - 88및 중부고속, 판교~구리 간 고속도로만 건설하여 약 330km 증가에 불과
 - 국도의 포장률 86.3%로 대폭 증가됨.
- (5) 1990년대
 - 년평균 100만대씩 폭증 교통량 흡수 및 대도시 대규모 공업지역을 상호 연결하여 물

류체계 개선을 위한 고속도로 건설 및 국도 확장 집중추진

- 도로운영의 효율성제고, 노후교량, 위험도로 등 도로안정관리에 주력
- 서해안 중앙 서울외곽, 제 2 경인, 시흥~안산 신공항, 대전~진주, 대구~부산 등 집중 건설
- 국도 포장완료 4차선 비율 10.3%에서 19%로 증대

(6) 2000 년대

- 국가 기본 도로망은 구축되었다는 인식하에 도로예산 축소

2.2. 도로정책 추진방향

(1) 국가 장기간선 도로망체계 구축 수립계획(92)

- 전국을 격자형(동서 9개축, 남북 7개축, 총 연장 6160km)
- 전국 환상형 (제 1~제 2 환상)
- 대도시는 방사순환형 구축 (5개시 : 서울,

부산, 대구, 광주, 대전)

(2) 2단계 도로망체계 정비 계획수립(94)

- 전국도로망 재정비 계획으로서 92년 구축계획 뒷받침 하는 하위계획 성격
- 계획수립 후 10년간의 교통증가 추이와 지역균형개발 등도 발전방향에 대한 세부시해 계획 작성.
- 지방도로망 체계정비계획 수립: 군도 및 농어촌도로를 지방도로로 승격
- 시군도 정비추진계획 수립: 2002년에 필요한 전국 14 만km 의 계획 중 2010 년까지 1 단계 정비완료
- 시통과 국도의 상시정체개선 위해 전국 68 개 시에 우회도로 약 1,300km 건설계획
- 전국도로망 구축계획 실현
 - A. 고속도로: 2010 년까지 남북 7 개축, 동서 9 개축, 간선도로 6,160km 중 5,500km 완성
 - B. 국도: 2010년까지 4차선 도로를 전체국도의 약 60% 수준인 7,000km로 확대

<표 1> 도로등급별 차로수별 도로연장 (2002.12.기준, 단위: 연장 km,구성비 %)

구 분		계	포 장	미포장	미개통
총계	연 장 (km)	96,037	73,656	13,958	8,423
	구성비 (%)	100.0	76.7	14.5	8.8
고속국도	연 장 (km)	2,778	2,778	—	—
	구성비 (%)	100.0	100.0	—	—
일반국도	연 장 (km)	14,232	13,788	82	362
	구성비 (%)	100.0	96.9	0.6	2.5
특별·광역시도	연 장 (km)	18,224	17,079	85	1,060
	구성비 (%)	100.0	93.7	0.5	5.8
지방도	연 장 (km)	17,084	13,330	2,442	1,312
시도	연 장 (km)	20,017	14,757	1,427	3,833
군도	연 장 (km)	23,702	11,924	9,922	1,856

* 자료 : 2003년, 건설교통부 도로업무편람

3. 콘크리트포장과 아스팔트포장 특성비교

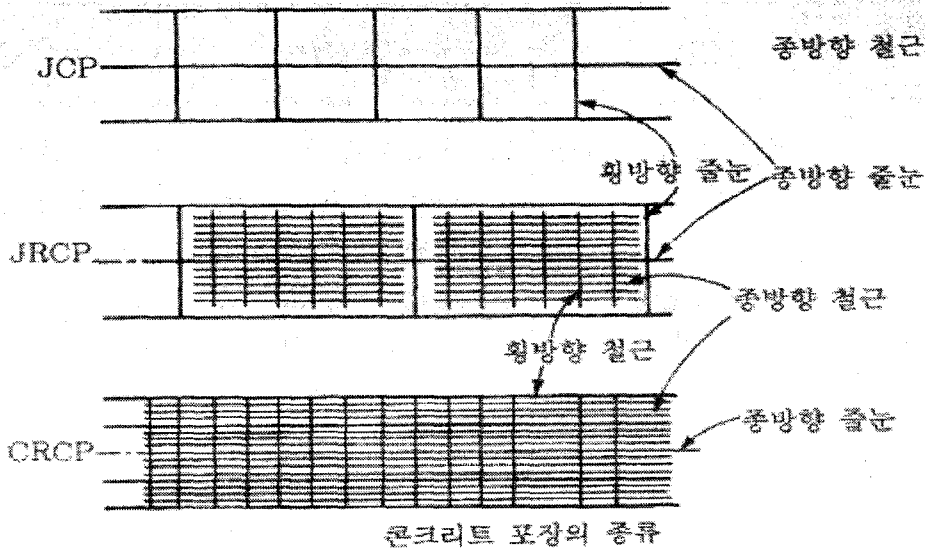
3.1 특성비교

- (1) 도로 포장에는 아스팔트 포장(Flexible pavement)과 시멘트 콘크리트포장(Rigid Pavement)으로 대별한다.
- (2) 아스팔트 포장은 골재를 역청재료(Bituminous Material)와 결합하여 만든 표층이 있는 포장을 말하며, 일반적으로 표층, 중간층, 기층, 및 보조기층으로 이루어진다.
- (3) 아스팔트 포장에서는 하중 재하에 의해서 생기는 응력이 포장을 구성하는 각층에 분포되어 하층으로 갈수록 점차 넓은 면적에 분포시키므로 각 층의 구성과 두께는 역학적 균형을 유지하여 교통하중에 충분히 견딜 수 있어야 한다.

- (4) 콘크리트 포장은 시멘트 콘크리트 슬래브가 교통하중으로 인한 전단이나 휨에 저항하여 그 슬래브 작용으로 하중을 기초에 넓게 전달한다.
- (5) 일반적으로 표층 및 중간층, 보조기층으로 구성되어 있고, 표층은 시멘트 콘크리트 층을 말하나 그 위에 아스팔트 콘크리트 마모층을 둘 수도 있으며, 보조기층 역할은 슬래브에 균등한 지지력을 주고 투수층으로 동상 현상을 방지하고, 시멘트 콘크리트 슬래브를 타설하기 위한 안전한 작업지면을 조성하는데 있다.
- (6) 아스팔트 포장과 콘크리트 포장은 구조적 특성, 적용특성이 서로 다르므로 교통특성, 토질 및 환경특성, 시공성, 경제성 및 유지관리 등 기술적인 사항과 정책적인 사항을 동시에 고려하여 신중히 결정하여야 한다.

3.2 포장형식 선정 시 고려사항

평가항목	시멘트 콘크리트 포장	아스팔트 콘크리트 포장
1. 수명	· 약 30~40년	· 약 10~20년
2. 구조특성	· 노상강도가 강하면 유리	· 연약지반에 사용가능
3. 유지보수	· 변동성 큼 · 유지관리비 저렴 · 국부적 파손 시 보수가 어려움	· 보수 빈번 · 약 5년 후 덧씌우기 포장 실시 (교통지체현상 초래) · 유지 관리비가 고가 · 국부적 파손 시 보수 양호 · 잦은 유지보수로 교통소통 지장
4. 시공성	· 시공기계 대형화	· 단계시공 가능
5. 시공기간	· 양생기간 필요	· 즉시 교통개방
6. 미끄럼 저항성	· 유리함(초기)	· 강우 시 불리함
7. 적용범위	· 신설도로	· 적용범위가 넓음
8. 사용성	· 소음이 있어 승차감 다소 떨어짐 · 적설시 결빙시간이 빠르고, 다소 늦게 녹음 · 회색으로 초기 반사도가 높으나 시간이 경과함에 따라 낮아짐	· 주행성 양호 · 개통 후 중차량에 의한 바퀴자국 (요철) 발생
9. 기술개발	· 콘크리트 품질관리, 양생, 평탄성, 줄눈시공 등 고도의 숙련 필요 · 양생기간 필요	· 시공경험의 풍부로 시공이 용이 · 즉시 교통개방이용
10. 재생이용	· 소요경비 과다(파쇄 에너지 크면 강도에 문제가 있다.	· 가능성 있음(여러가지 방법으로 활약)



4. 콘크리트 포장의 종류

4.1 콘크리트 포장의 종류

- (1) 줄눈콘크리트포장
(JCP : Jointed concrete Pavement)
- (2) 철근보강콘크리트 (JRCP : Jointed reinforced concrete Pavement)
- (3) 연속철근콘크리트포장 (CRCP : Continuously reinforced concrete Pavement)

4.2 콘크리트포장의 특징

- (1) 줄눈콘크리트포장 (JCP)
 - 일정한 간격으로 가로 줄눈을 설치하여 줄눈하단부에서만 균열발생 유도
 - Dowel bar 와 tie bar 를 이용하여 하중전달
- (2) 철근보강콘크리트 (JRCP)
 - JCP 의 줄눈부를 감소시키기 위해 개발
 - 줄눈이외의 부분에서 균열을 어느정도 허용
 - 대신 균열의 확대를 방지키 위해 종방향 철근을 사용

(3) 연속철근콘크리트포장

- 횡방향 줄눈을 완전히 제거
- 균열 발생 허용
- 종방향 철근을 이용, 균열의 확대를 방지 (철근량 콘크리트 단면적의 0.5~0.7%)

5. 국내 도로 콘크리트포장 시공현황

5.1 1970년대 (초보단계)

- 김포가도에서 거꾸집을 이용한 인력시공 실시
- 목호-삼척 간 국도 30km를 인력시공

5.2 1980년대 (기술도입 및 발전단계)

- 부산-마산 간 고속도로(75년-81년): 유류파동으로 포장을 합성 단면으로 슬립폼 페이퍼 시공
- 88고속도로(81-86년): 처음으로 175km를 전단면 콘크리트포장 시공
- 호남고속도로 확장(83-86년): 48.4km를 합성 단면, 122.2km를 콘크리트포장 시공
- 중부고속도로(85-87년): 완전한 조합장비를 이용하여 JCP와 CRCP로 시공

5.3 1990년대 (기술정착단계)

- 연약지반과 눈이 많이 오는 지역을 제외하고는 고속도로에서 콘크리트포장
- 고속도로에는 원칙적으로 콘크리트포장 시공
- 국도에서도 중차량이 많은 지역에서는 콘크리트로 시공

5.4 2000년대 (위기단계?)

- 소성변형 저항성이 우수한 아스팔트포장 재료 개발
- 생활수준 향상으로 포장의 기능성 보다는 주행성 선호로 포장의 고급화
- 아스팔트업계의 꾸준한 노력과 이에 비해 시멘트업계의 자구책 노력 부족
- 콘크리트포장의 문제점 제기

<표 2> 연도별 소음민원 처리현황

구분	계	수용	이해설득	분쟁
계	426	156	258	12
2000년	55	21	24	0
2001년	64	18	45	1
2002년	83	26	54	3
2003년	224	91	125	8

- 의 개발이 절실히 필요함.
- 우리나라 도로 및 교통여건에 따른 제약으로 주로 아스팔트 덧씌우기공법을 적용하여 개량하고 있으나 반사균열을 억제하기 위한 충분한 두께(t=20cm)로 시공하지 못함

6. 시멘트 콘크리트포장의 위기극복 및 발전방향

6.1 시멘트 콘크리트포장의 문제점

- (1) 콘크리트 포장의 조기 열화
 - 최근 공용초기의 콘크리트 포장구간에서 포장 파손이 심화되고 있음
 - 이에 따른 유지보수비가 급증하고 있으며 이용객의 민원이 다수 발생하고 있음
- (2) 소음 문제
 - 소음관련 민원이 지속적으로 증가하고 있음: 2003년 민원건수 400%증가(2000년 대비)
 - 소음관련 민원은 주민들의 의식 수준 및 환경에 대한 욕구가 증가함에 따라 점점 더 증가할 것으로 판단됨
 - 따라서, 설계 및 시공시부터 소음에 대한 고려가 필요함
- (3) 보수의 어려움 및 보수비용 급증
 - 장기 공용한 콘크리트 포장의 파손이 급격히 증가하고 있어 타당한 유지보수재료 및 공법

6.2 시멘트 콘크리트포장의 발전방향

- (1) 설계측면
 - 고성능 콘크리트포장 설계
 - 한국형 포장설계법 개발
 - 장기공용성과 유지관리가 유리한 연속철근 콘크리트포장의 재조명
- (2) 시공측면
 - Two layer 공법: 고성능 콘크리트 사용으로 내구성 증진과 골재노출 공법으로 소음감소
 - 골재노출공법, 종방향 타이닝으로 소음감소
 - 철저한 품질관리와 시공관리로 장기 사용성 확보
- (3) 포장 유지보수방법 개선
 - 다이아몬드 그라인딩
 - 초속경 LMC 공법
 - UTWT(ultra thin white topping) 공법
 - 콘크리트 슬래브 보수공법
- (4) 신재료 개발
 - 새로운 보수 재료 및 공법의 개발로 콘크리트포장의 보수문제 해결

- 신속개방형 재료 개발
- 장수명 친환경 재료 개발
- 고부가치 재료 개발

7. 맺음말

우리나라가 콘크리트포장은 전체 포장도로의 약 17%를 이루면서 해마다 약간씩 증가하고 있는 추세이며, 이는 중차량에 대한 뛰어난 적용성과 장기간의 공용성을 지녔고 국내의 비교적 풍부한 시멘트를 활용할 수 있다는 장점을 지니고 있기 때문이다. 고속도로 신설도로가 대부분 콘크리트 포장으로 시공될 전망이며 각종 민자 유치 도로들이 유지보수비 절감을 이유로 콘크리트 포장으로 설계될 것으로 보인다. 또한 통일 후 북한의 인프라 구축 등을 감안하면 앞으로 적어도 수십 년간 콘크리트 포장의 건설은 계속 될 것으로 보인다.

국내·외 조사된 통계에 의하면 콘크리트포장에서 발생하는 주요 문제점은 부적합한 시공에 기인한 조기열화, 소음, 유지보수의 어려움 등으로 나타나고 있다. 이러한 문제점들을 해결하고자 많은 연구들이 국내뿐만 아니라 유럽과 미국에서 진행되고 있다. 유럽의 콘크리트 포장은 우리보다 얇은 포장두께로 수명은 우리의 두 배인 40년을 목표로 설계 및 시공되고 있다. 미국에서는 고성능 콘크리트포장으로 포장수명을 약 50년까지 대폭 늘릴 수 있는 공법들이 고안되어 시험시공 및 공용성 시험 단계에 있다.

국내 도로포장 연구진들에 의해 설계측면에서 고성능 콘크리트포장 설계, 한국형 포장설계법 개발, 장기공용성과 유지관리가 유리한 연속철근콘크리트포장의 재조명 등이 이루어지고 있고, 시공측면에서는 Two layer 공법, 고성능 콘크리트 시공, 골재노출공법, 종방향 타이닝 시공, 철저한 품질관리와 시공관리 등이 이루어지고 있으며, 유지보수방법 개선으로는 다이아몬드 그라인딩, 초속경 LMC 공법, UTWT (ultra thin white topping) 공법, 콘크리트 슬래브 보수공법 등이 활발히 연구되고 있다. 재료적인 측면에서도 새로운 보수재료 및 공법의 개발로 콘크리트 포장의 보수문제를 해결할 수 있도록 신속개방형 재료 개발, 장수명 친환경 재료 개발, 고부가치 재료 개발 등이 시급히 요구되고 있다.

< 참고 문헌 >

1. 건설교통통부, 도로업무편람, 2004.7.
2. 권수안, 도로포장기술의 발전을 위한 제언, 도로교통협회지 88호, 2002.6.
2. 양성철, 박광현, 권순민, 국내 도로 콘크리트 포장 시공 현황, 도로포장공학회지, 제2권 3호, 2000.9.
3. 서영찬, 국내 콘크리트포장 현황 및 발전방향, 도로포장공학회지, 제2권 3호, 2000.9.