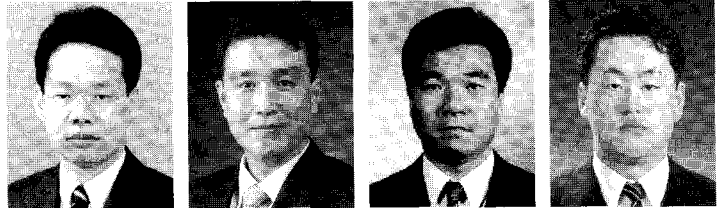


# 시멘트 콘크리트 포장의 발전을 위한 국내외 콘크리트 포장의 시공 및 배합에 대한 검토 (Ⅱ)

## 시공특성 분석 및 개선방안



윤 경 구 | 정회원 · 강원대학교 공과대학 토목공학과  
박 철 우 | 정회원 · 강원대학교 건설공학부 토목공학전공  
한 승 환 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원  
홍 승 호 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원

본 기사는 국내의 시멘트 콘크리트 포장의 발전을 위하여 국내외의 시멘트 콘크리트 포장의 시공 및 배합에 대하여 심도있는 고찰을 통하여 시멘트 콘크리트 포장의 사용을 확대하고 성능을 향상시키는데 일조하고자 하여 총 3편의 시리즈로 구성하였으며 각 기사의 부재는 다음과 같다.

- (Ⅰ) 국내 콘크리트 포장 배합특성
- (Ⅱ) 시공특성 분석 및 개선방안
- (Ⅲ) 유럽형 고성능 콘크리트 포장배합특성 분석

본 편은 그 두 번째로서 국내 시멘트콘크리트 포장의 시공특성을 분석하고 그에 대한 문제점 및 개선방안을 검토하고자 한다.

### 1. 국내 콘크리트포장 시공특성 분석 및 개선방안

국내 콘크리트포장은 1983년 88고속도로가 전 구간 콘크리트로 포장되며 본격화된 이후 중부고속도

로(1987년 개통)를 통해 비약적인 발전을 하게 되었고 지금에 이르렀다. 실제로 중부고속도로의 경우 지금까지 비교적 양호한 상태로 공용중이며 설계수명 20년 사용은 무난할 것으로 보인다.

그러나 중부고속도로의 설계 및 시공 기술은 이 분야 선진국의 1980년 전후의 기술로서 지금까지 약 20년이 지나면서 지속적으로 기술개발이 이루어졌다. 시공은 포장 종류와 사용장비의 종류에 따라 그 절차도 각 공사요건에 맞게 달라질 수 있다. 최근에는 장비의 대형화 및 자동화로 많은 부분이 개선되었으나, 한편으로는 새로운 문제점을 야기하기도 하였다. 본 장에서는 한국형포장설계법에서 연구하여 발표한 결과를 중심으로 우리나라의 콘크리트포장 시공 현황 및 문제점을 고찰하고자 한다<sup>1)</sup>.

#### 1.1 콘크리트 포장 포설시 장비운영 사항

##### ■ 기존 문제점

장비의 바이브레이팅에 의해 포장체의 상부는 굽은 골재의 함량이 적은 모르타르층이 있는 경우가 많고, 바이브레이터실 내의 콘크리트 높이가 낮은 경우 그대로 최종 콘크리트 포장층으로 형성된다. 그림 1 과 같이 바이브레이터실에 있는 중간격벽이 바이브레이터와 근접한 경우 그림 2와 같이 종방향으로 모르타르가 집중되는 현상이 발생한다.

콘크리트가 낮은 슬럼프 값(20mm 미만)을 가지고, 표면 모르타르가 많은 상태에서 타이바 삽입 시 빠진 자리에 모르타르가 집중되거나 공극이 발생하기 쉽다. 낮은 슬럼프(20mm 미만)의 콘크리트가 포설되는 경우에는 표면의 건조와 강제적 표면형성으로 인한 소성수축균열 및 밀림이 발생할 수 있다. 또한 콘크리트 포장 상층에 모르타르가 집중될 경우 부분적 타이닝이 깊게 퍼지며 스케일링 발생 가능성이 높다. Metering Gate와 바이브레이터의 높이를 낮추어서 매끄러운 표면과 깊은 타이닝 형성이 용이하도록 장비를 운용함으로써 상부 포장층에 과도한 모르타르가 생성된다<sup>(1)</sup>.

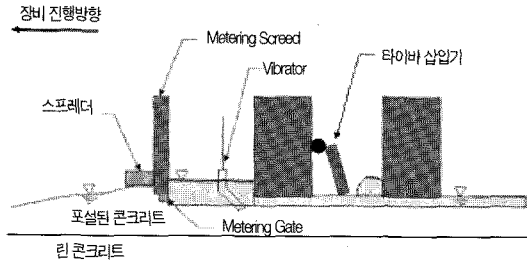


그림 1. 장비운영 시 모르타르층 생성

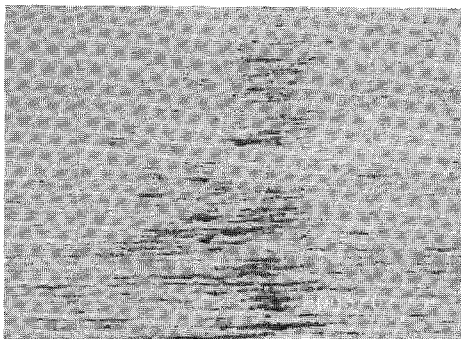


그림 2. 종방향으로 모르타르가 집중된 사례

■ 개선 방안 제시

장비의 제원을 정확하게 파악하고 포설시 다음과 같은 장비 결합여부 확인을 철저히 수행하여야 한다.

- 바이브레이터의 간격, 높이, 진동수가 일정한지 확인
- 타이바 인입기 작동상태 및 설치위치 적정성 확인 (그림 3)
- 최종 면마무리 상태(블리딩 및 타이닝 상태 등)
- Conforming Plate가 횡단 구배와 동일한지, 면상태 확인(포설 후 직선자 확인 등)
- 과도한 바이브레이팅이 되지 않도록 조정
- 포장 상부층에 포설되는 모르타르가 자연적으로 혼입되도록 포설 콘크리트를 높이고 Metering Gate를 상향(그림 3~4)
- 콘크리트 공급을 원활히 할 수 있도록 사전준비를 철저히 하고 장비 진행속도를 조정하여 공회전하거나 정지상태로 서있지 않도록 유의



그림 3. 타이바 인입기 작동전경

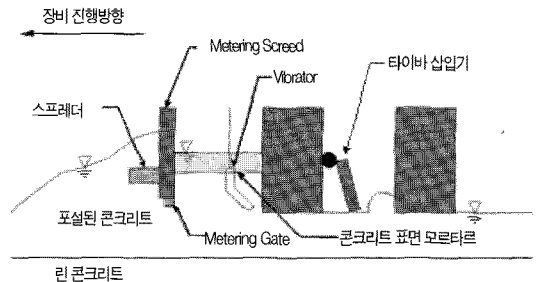


그림 4. 모르타르층 미생성

### 1.2 시공 조인트 처리

#### ■ 기존 문제점

포장의 시공점부 2~3m 구간의 인력 마무리 시 작업자의 숙련도에 의해 포면이 결정되므로 결과적으로 포장 평탄성 관리가 어렵다. 포장콘크리트와 접속슬래브 연결부에 포장 시행 후 교통개방 시 단부 파손으로 후속 공정 시 보수로 인한 공중지연 및 평탄성 불량등의 문제가 발생하기 쉽다.

#### ■ 개선 방안 제시

- 콘크리트 포장 시, 종점부를 강재거푸집 등을 이용해 인력에 의한 마무리 오차의 최소화(그림 5)
- 포장콘크리트와 접속슬래브 연결부에 포장 시행 시 접속슬래브 2~3m구간의 연장 포설(그림 6)

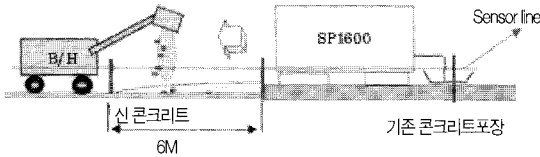


그림 5. 마무리 구간의 최소화

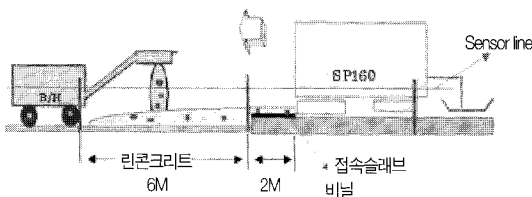


그림 6. 2~3m구간 연장 포설

### 1.3 타이바 삽입누락 및 타이바 삽입부 면 불량

#### ■ 기존 문제점

타이바 삽입과 관련한 문제점으로는 간격이 75cm, 다웰바 간격이 6m이므로 다웰바 위치에서 타이바 삽입 시 다웰바 수평 이동함으로 포장에 균열이 발생하기 쉽다. 또한 다웰바 지점에서 타이바 삽입을

수동으로 변환시킨 후 관리하지 않음으로 타이바 삽입누락도 발생할 수 있다(그림 7)(그림 8). 추가적인 문제점으로는 개구부 위치관리 미흡으로 타이바 누락 및 바이브레이팅 후 타이바 삽입으로 타이바 삽입 후 다짐불량 등의 문제점이 있다.

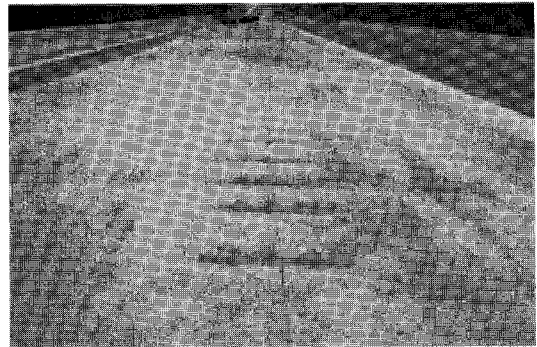


그림 7. 타이바 삽입위치 결함 모습

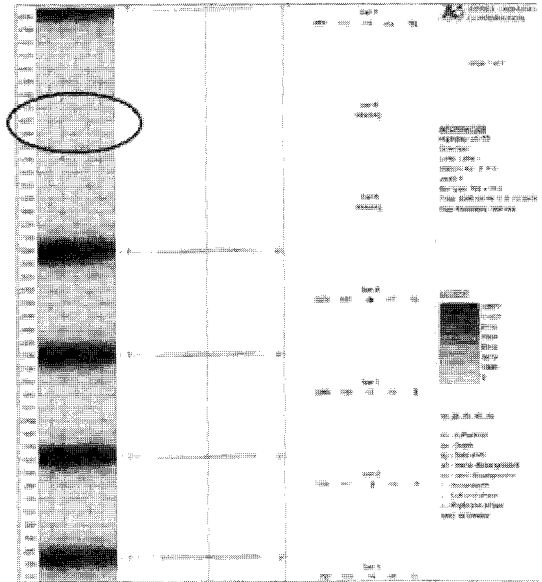


그림 8. MIT-Scan을 이용한 중부내륙 고속도로 시험도로구간 타이바 삽입누락 결과

#### ■ 개선 방안 제시

- 타이바 삽입부 다짐 1인, 타이바 조작인원 1인을 전담배치
- 포장 전 개구부 위치를 표시하여 타이바 누락방지

## 2. 품질관리 개선방안

### 2.1 공용성에 근거한 품질규정의 도입

기존의 품질규정은 도로시설물이 일정 수명에 도달하기 위한 개별적인 재료 및 시공별 Pass/Fail 개념으로 규정하고 있는데 반하여, 공용성에 근거한 품질규정(Performance Related Specification, PRS)은 재료 및 시공별 품질상태에 따른 도로시설물의 공용수명을 예측하고 규정된 수명을 달성하기 위하여 종합적인 재료 및 시공 품질 수준을 종합적으로 규정하는 개념이다. 이는 도로시설물의 공용성에 직접적인 영향을 주는 주요 재료품질 및 시공품질을 종합적으로 고려하여 정해진 설계수명을 달성하는데 필요한 각종 품질조건을 등급별로 정한 규정이다<sup>[1]</sup>. 이러한 규정 적용을 통한 기대효과는 다음과 같이 정리할 수 있으며, 향후 이러한 제도의 도입이 필요할 것으로 예상된다.

- (1) 설계조건을 직접적으로 품질관리에 적용,
- (2) 품질관리 담당자의 전문성 강화,
- (3) 장수명 시설물 시공을 위한 공용성 중심의 품질관리 실현,
- (4) Pass/ Fail 방식의 획일적인 품질관리 시스템을 탈피하여 현장여건을 고려하면서도 시설물 목표수명 달성을 위한 다양한 품질관리 방안 도출 가능
- (5) 유연한 품질관리 시행으로 발주자와 시공사 간의 분쟁 감소 등

미국의 경우, 뉴저지주 교통부(Department of Transportation, DOT)는 자체적으로 PRS 규정을 마련하여 포장 및 콘크리트 구조물 시공에 대하여 2차레 시험적용 실시하고 현재 추적조사 중에 있으며, 대부분의 미국 주 DOT에서는 각 재료 및 시공품질 요소별(예; 공극률, 밀도, 두께 등)로 할증률을 규정하여 적용하고 있는 상태로 본격적인 PRS 실시를 위한 과도기적 상태에 있다. 이러한 PRS의 적용개

요를 그림 9에 간략히 나타내었으며, 이를 적용하기 위한 필요사항은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- (1) 재료 및 시공 품질조건(아스팔트 혼합물 공극률, 밀도, 콘크리트 포장 두께 등)을 규명할 수 있는 현장 시험기준 및 관련 장비
- (2) 주요 재료물성 및 시공 상태를 입력변수로 하는 공용성 예측모형(예; 아스팔트 포장 소성변형 및 피로균열 예측모형, 콘크리트 포장 스펙링 예측모형)
- (3) 공용수명의 증감에 따른 생애주기비용 변화를 추정할 수 있는 LCC 모형(예: 순현재 가치 모형)
- (4) 예상 공용수명 결정에 따른 할증률

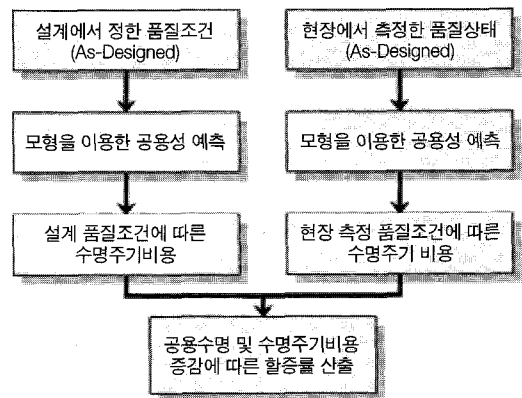


그림 9. PRS 적용개요도

### 2.2 품질관리 모니터링 시스템의 적용

초기균열 원인의 체계적인 분석은 문제현장의 시공당일의 온도, 습도, 바람 등 기후조건에 의해 크게 좌우되게 되는데, 실제로 현장에서 이러한 자료를 수집하고 있지 않기 때문에 문제구간의 원인파악에 한계를 가지고 있다. 또 실제로 문제가 일어날 약간의 가능성에 대비하여 번거롭게 매일의 자료를 수집하도록 하는 것도 현실적으로 공사 진행에 방해를 줄 수도 있으며 별도의 업무를 시공사에 부과시키는 결과를 가져오게 된다.

이러한 불편을 줄이기 위해 시공일 마다 별도의 번거로운 기후자료 수집을 요구하지 않고 초기균열 발생시만 해당구간의 기후자료 수집이 용이하도록 하기 위해 매 시공일마다 시공일자(시공시작 구간)에 시공일자 표식 및 슬래브 수직온도를 계측할 수 있는 온도계를 매설하도록 하는 것이 적절한 대안이 될 수 있을 것이다. 최근 몇몇 계측개발회사에서는 온도와 습도의 계측을 쉽게하여 현장에 적용이 가능하도록 하는 방법이 개발되는 수준이다. 시공당시의 자료 수집을 위한 표식에는 시공사 및 협력사의 로고를 음각으로 표시하며 필요시 건설자의 실명을 동일한 방법으로 표시할 수도 있다. 시공날짜의 경우 년·월·일 각각 2자리수로 총 6자리로 표기하며, 표식 위치는 시공 첫 슬래브 시공줄눈에서 약 7m(2번째 슬래브 줄눈에서 1m지점)지점에 음각으로 표시하는 방법 등을 활용할 수 있다.

이러한 시공일자 및 현장표식 등을 포함하는 품질 관리 모니터링시스템을 장치함으로써 얻을 수 있는 이점은 만약 문제구간이 발생하는 경우 해당구간 시공시의 시공날짜를 알고 있으므로 과거 기상자료를 통해 쉽게 얻을 수 있다. 또 그 구간에 사용된 재료도 플랜트의 레미콘 출하자료 등을 통해 쉽게 얻을 수 있다. 문제구간의 시공 방향도 알 수 있으므로 초기 균열이 특정구간에 주로 발생된 경우 해당구간의 시공 시각도 어느 정도 추측이 가능해진다. 시공방향은 동일 날짜의 시공구간 내에서 시공일자 표식부터 가까운 경우 그날의 시공개시 시각이 되며 멀리 떨어질수록 늦게 시공된 구간임을 말해준다. 따라서 아침의 일반적인 시공개시 시각과 시간당 포설연장을 가정하면 문제구간의 개략적인 포설 시각까지도 추정할 수 있게 된다.

따라서, 추후에 포장의 장기공용성을 시공조건과 연계하여 분석하는 것이 가능해진다. 사실 10년 이상 경과된 포장의 경우 각 구간이 어느 날짜 어느 시각에 시공되었으며 그때의 기상 및 재료조건을 아는 것은 거의 불가능한 일이었다. 그러나 시공일자 표식물이 없어지지 않는 한 장기적인 포장결함

의 원인분석에도 사용될 수 있다. 그림 10은 이러한 현장모니터링 시스템의 개략도를 나타내고 있다.

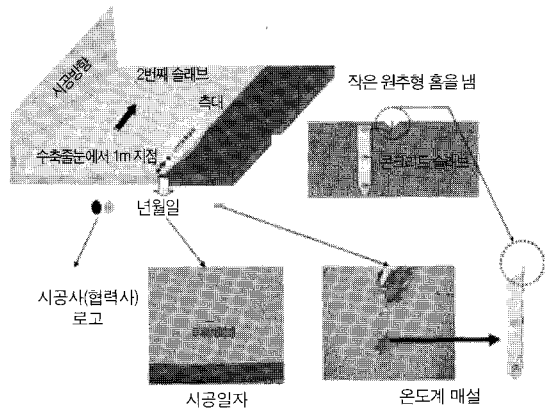


그림 10. 현장모니터링 시스템 구성 및 설치 개략도

이상의 이점들을 토대로 국내에 빈번한 결함들의 원인 분석이 보다 과학적이 될 수 있으며 향후 시공되는 콘크리트 포장의 품질 관리에 반영된다면 보다 나은 품질의 포장을 기대할 수 있을 것으로 본다. 하지만, 이러한 표식의 매설시에도 주의를 기울여야 한다. 또한, 이러한 현장모니터링 시스템을 적용하는데 있어 필요한 기준이 우선적으로 정립되어 데이터 수집의 오류를 최소화하여야 할 것이다.

이러한 현장 모니터링시스템의 성능을 향상하고 표준화하기 위해서는 우선 슬래브의 수직온도를 계측할 수 있는 온도계를 표준화할 필요가 있으며, 공급이 원활하고 장기간 무인계측이 가능한 온도계를 표준화하여 체계적인 관리를 가능케 하여야 할 것이다. 또한, 현장 콘크리트 포장 품질 모니터링 시스템의 구축 실험을 통하여 얻은 자료를 D/B화하여야 할 것이다. 이러한 자료의 D/B화를 통해 중앙관리기관에서 담당기술자가 종합적으로 관리하여 과학적이고 체계적인 시스템 구축이 필요할 것이다<sup>11)</sup>.

### 3. 결론

본 기사는 시멘트콘크리트 포장의 사용을 확대하고 성능을 향상시키는데 일조하고자 하여 총 3편의 시리즈 중 그 두 번째로서 국내 시멘트콘크리트 포장의 시공특성을 분석하고 그에 대한 문제점 및 개선방안을 검토하였다. 시공의 문제점을 시공장비의 운용시의 문제점, 시공조인트 처리의 문제점, 타이바 삽입시의 문제점 등에 관하여 분석하였으며 각각의 경우에 대하여 개선안을 제시하였다. 품질관리의 개선을 위하여는 계측에 관한 기술들이 발달함에 따라 각종 거동을 정량화하여 계측할 수 있는 시스템의 도입 등이 효과적일 것으로 분석되었다. 또한 시공당시의 날짜 등에 관한 기본적인 표식을 포장에 매설하여 이를 기초로 추후에 기후 등의 조건을 역추적하여 문제

점 발생시 이를 활용할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 특히 이러한 계측자료를 중앙에서 직접 D/B화하여 관리할 수 있고 이를 통한 피드백을 활용하여 품질을 유지관리하는 시스템을 한국포장설계법에서는 제안하고 있다.

본 기사에서 분석한 바와 같이 시멘트콘크리트 포장의 시공과 관련한 문제점을 해결하기 위하여 많은 기술적인 대안이 제시되고 있지만, 이러한 문제를 극복하고 더 나은 품질과 성능의 시멘트콘크리트 포장을 위해서는 현장기술자의 열정과 의지가 가장 우선적으로 요구되는 사항임이 분명하다.

#### 참고 문헌

- [1] 건설교통부 한국형포장설계법 개발

### 학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 2,100부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지를 이용하시기 바랍니다.

광고료 : 표2 · 표3 · 표4(300만원) · 간지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 **한국도로학회**

전화 (02) 3272-1992 전송 (02) 3272-1994