

「시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공 잠정지침」 소개



임 광 수 | 국토해양부 간선도로과 사무관
이 광 호 | 정회원·한국도로공사 연구위원
김 형 배 | 정회원·한국도로공사 책임연구원

1. 개요

국내 시멘트 콘크리트 포장은 1982년 마산~부산간 남해고속도로 확장공사에서 적용된 이래로 고속도로를 중심으로 비약적인 적용확대가 진행되어 왔으며 2007년을 기준으로 전국 고속도로 연장의 68%를 차지하고 있을 만큼 많은 발전을 보이고 있다. <그림 1>

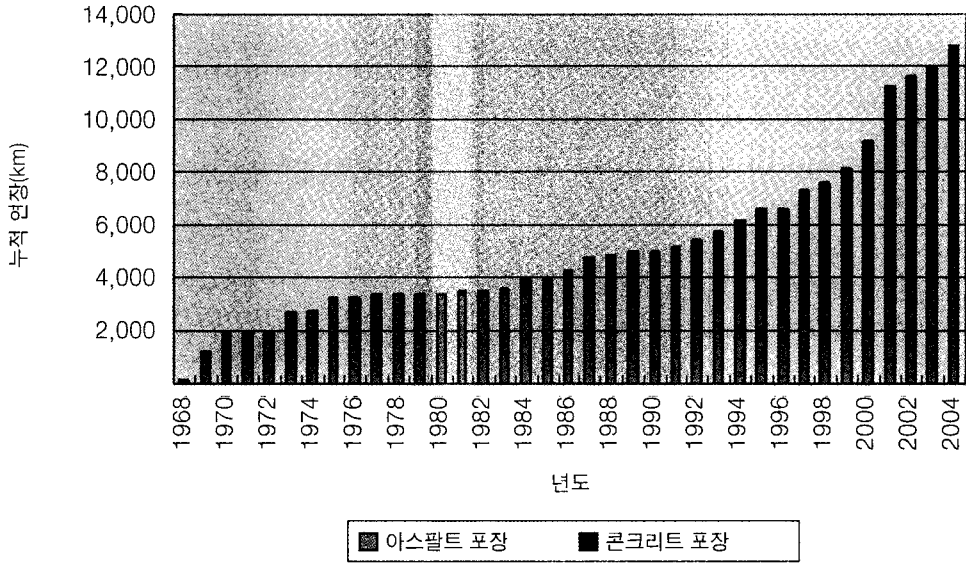
양적인 발전과 더불어 시멘트 콘크리트 포장의 품질 향상 및 공용성 증진을 위한 다양한 노력들이 더불어 추진되어 왔으며 현재와 같은 구조의 콘크리트 포장이 본격적으로 시행된 중부고속도로(1987년 12월 개통)는 공용기간이 20년을 넘었음에도 불구하고 여전히 양호한 공용상태를 보이고 있다(그림 2). 중부고속도로 시멘트 콘크리트 포장 건설에서 얻은 많은 교훈과 자신감은 이후 건설되는 시멘트 콘크리트 포장의 시공발전으로 연결되어 포장장비 및 관리기법의 발전, 많은 숙련기술자의 양산등 다양한 차원의 긍정적 효과를 유발하게 되었다. 그러나 최근의 콘크리트 포장에 대한 공용성 분석 자료를 냉정하게 검토하여 보면 외형적 기술

발전은 만큼이나 이를 뒷받침 하는 내실있는 질적 발전은 그간 얻지 못하였다는 점이 발견된다.

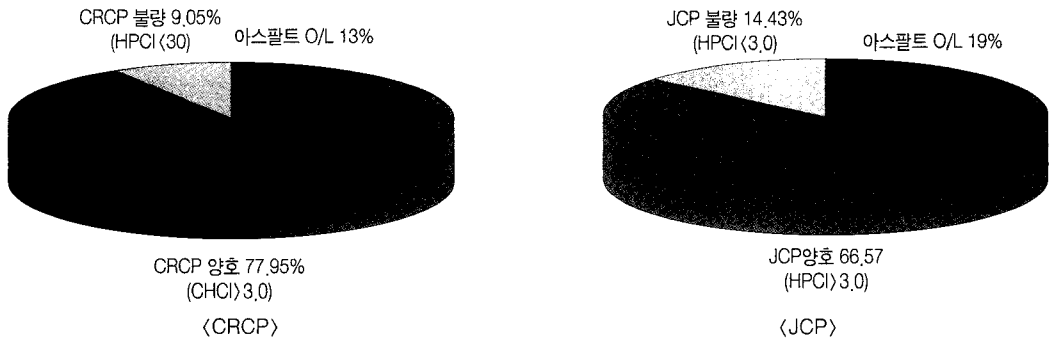
<그림 3>은 제 1 중부고속도로(1987년 12월 개통)와 제 2 중부고속도로(2001년 12월 개통)의 공용성을 비교한 것인데 장비 및 관리기술의 발전으로 초기 콘크리트 포장의 품질은 나중에 건설된 제2중부선이 훨씬 낫아 보이나 공용이 3년 정도 된 후 조사된 자료에서는 제1중부선과 그 차이가 크게 감소되는 것으로 보인다. 이는 공용성 저하속도가 과거에 비하여 상당히 높다는 것으로 해석될 수 있으며 이는 진정한 측면에서 콘크리트 포장 내구성 증진을 위한 품질관리가 오히려 부족해지고 있다는 간접적 증거가 될 수 있을 것이다.

최근 시멘트 콘크리트 포장에서 공용성 저하속도가 빨라지고 있는 것은 장기공용과 관련된 구조적, 환경적 파손 보다는 재료적, 시공적 측면에서 기인된 파손에 기인한 초기 공용성 상실에 기인한 바가 크다고 할 수 있다. 시멘트 콘크리트 포장은 초기 품질관리에 따른 초기 내구성 유지가 장기 공용성에 결정적 영향을

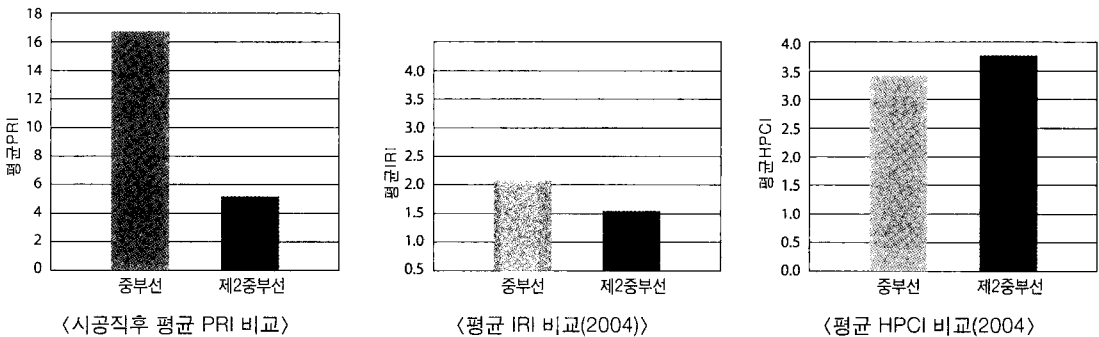
국내 포장형식별 연장(1차로 환산)



〈그림 1〉 국내 고속도로의 포장형식별 연장의 변화



〈그림 2〉 중부고속도로 콘크리트 포장의 양호 및 불량비율



〈그림 3〉 제 1 및 제 2 중부고속도로의 공용성 비교

끼치는 것으로 알려져 있으며 이러한 측면에서 시멘트 콘크리트 포장의 초기 생산·시공 기술을 보다 향상시키기 위한 생산 및 시공에 관한 개선 사항들을 종합적으로 검토하여 서로의 연관성 있게 묶어내는 작업이 필요하였으며 이에 본 연구에서는 도로공사 표준시방서에 명기되어 있지 않거나 미비한 일부 내용의 보완 및 자세한 기술적인 해설을 전달하고, 시멘트 콘크리트 포장 시공 과정에 대한 체계적인 지침 및 품질관리 요령 등을 기술하여 현장 실무자의 지침서로 활용할 수 있는 시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공 지침을 제안하게 되었다. 이를 통해 시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공과정에서의 품질을 보다 완벽하게 실시하여 포장의 수명 연장 및 유지보수 비용 기대할 수 있다.

2. 지침(안)의 내용 구성

현재 국내에서 시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공에 관련되어 제정되어 있는 규정은 도로공사 표준시방서(국토해양부), 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사), 콘크리트 표준시방서(한국콘크리트학회) 등이 있으며 이외에 해당 고속도로 또는 국도 포장공사와 관련하여 일시적으로 적용되는 특별시방서, 포장공정 중국 부적의 내용의 개선을 골자로 하는 개선지침 등이 부분적으로 인용되고 있다. 이러한 다양한 규정과 지침이 통합되지 못하고 여러 곳에 혼재하게 됨에 따라 현장기술자들은 다양한 규정과 지침을 많은 시간과 노력을 투자하여 자의적으로 통합·정립하고 검증없이 현장에 적용함으로써 그 결과 개별현장 별로 품질관리기준이 틀리며 따라서 일관된 공용성 확보가 불가능한 실정이다.

이러한 다양한 지침 및 규정 중 여전히 유효한 것들을 찾아내고 한국형포장설계법 연구과정에서 얻은 결과들을 추가하여 하나로 묶어 종합적인 콘크리트 포장 시공지침을 만들고자 하였다. 총 6장으로 이루어진 잠정지침의 내용을 표로 정리하면(표 1)과 같다.

〈표 1〉 잠정지침의 내용

구분	내용
1장 총칙	콘크리트 포장의 생산 및 시공에 관한 일반적인 내용과 적용 범위 및 용어정의
2장 재료	콘크리트 포장 재료인 시멘트, 잔골재, 굵은 골재, 물, 혼화재료 및 기타재료의 정의와 품질기준
3장 시공	콘크리트 포장의 시공장비, 현장 준비, 배합, 시험포장, 콘크리트 제조, 다웰바, 콘크리트 포설 및 다짐, 표면마무리, 양생, 줄눈 절단, 줄눈 주입재 주입, 포장면 보호 및 교통개방에 대한 기준
4장 특수 부위 콘크리트 포설	접속슬래브 및 철근보강 콘크리트 슬래브, 터널내 콘크리트 포장과 보도, 자전거도의 콘크리트 포장 기준
5장 특수기상 조건에서의 콘크리트 포설	겨울철 및 여름철의 콘크리트 포장의 시공에 관한 기준 정립 및 양생재 살포량 및 스팀, 증기 양생에 대한 기준 제시
6장 품질관리	적정한 재료 및 장비의 선정 그리고 적절한 시공을 확인하기 위한 품질관리 위한 수행되는 것은 선정 시험, 품질 및 규격 관리 그리고 검사

2장에서는 포장용 콘크리트 체적의 45%를 차지하는 굵은 골재의 품질기준 강화를 위하여 열팽창계수 기준(10×10⁻⁶/℃이하)을 신설하고 알칼리 골재반응(ASR)에 대비하여 반응성 골재 가능성에 대비하여 ASTM C 1260 기준에 따라 축진 모르타르봉 시험을 실시하고 14일 재령에서 0.1% 이상 팽창이 발생하는 골재의 경우에는 사용을 제한하도록 하였다.

3장에서는 시공과 관련한 내용을 다루었는데 기존에 시공현장 기술자들의 경험에 의존하여 사용되어 왔던 포장비운영에 대한 객관적 관리방안을 제시하고자 하였으며 특히, 지금까지는 소홀히 다루어져 왔던 포장 포설 후 시공 마무리 부분(양생재 살포, 타이닝 설치, 줄눈재 충전)등에 대한 해설을 보다 상세히 수록하여 실질적인 품질관리 강화를 달성할 수 있는 근거를 마련하고자 하였다. 한국형 포장설계법 연구 수행과정에서 새로이 정립된 내용들도 본 장에서는 많이 포함되었는데 줄눈 절단과 다웰바의 시공기준과 관련된 내용은 수

년간 현장 시험을 통해 얻어진 결과를 이용하였다.

4장 및 5장에서는 계절 및 환경적으로 통상의 시공 조건을 넘어가는 시점(극서기, 극한기)에서 부득이 포장시공이 필요할 경우를 대비하고 일반적인 토공부 이외의 구간(접속 슬래브, 터널구간등)에 대한 시공에 대하여 별도 기준을 마련하여 정리 하였다.

6장에서는 2~5장에서 제시되는 품질 및 시공기준에 따라 적정 시공이 이루어 졌는지를 확인하는 품질검사 절차 및 기준에 대하여 언급하였다.

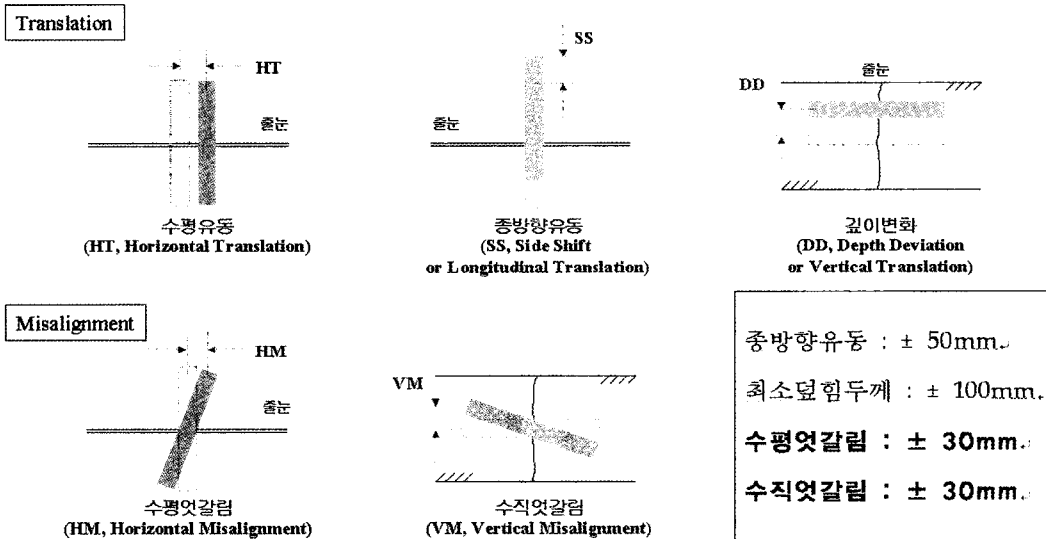
(1) 시멘트 콘크리트 포장의 시공 상 문제점 개선 (줄눈 설치 등)

국내 시멘트 콘크리트 포장 파손의 약 90% 이상은 줄눈 파손에서 기인하고 있는 만큼 이에 대한 시공상 주의가 요구되지만 이에 대한 충분한 관리방안이 부족에 있다. 따라서 지침(안)에서는 공용중 줄눈거동을 원활히 하기 위한 다웰바 기능을 최적화하기 위한 다웰바의 시공방법 (자동삽입기 적용) 및 어셈블리 형태와 시공상태 기준을 제시하였다(그림 4) (그림 5)

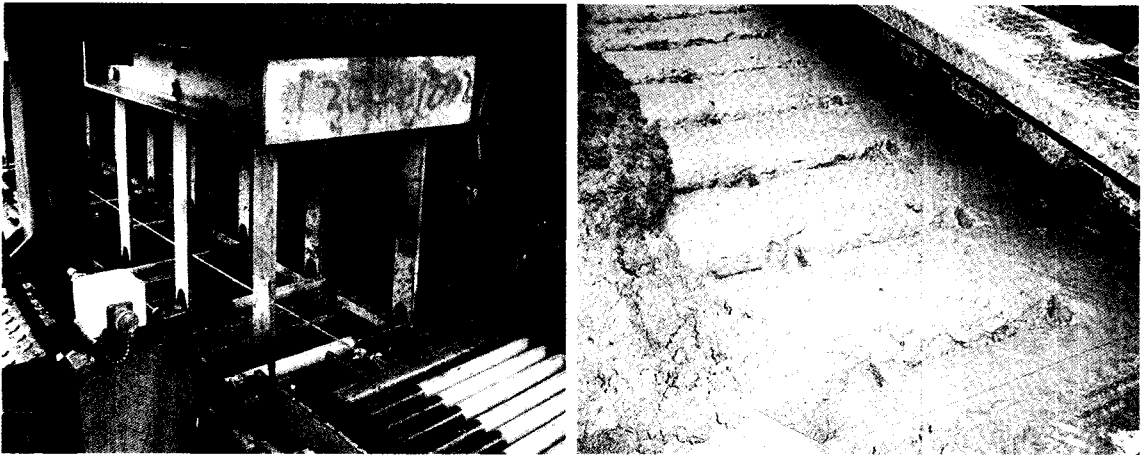
3. 잠정지침의 주요 내용

본 잠정지침에서 다루는 주요내용은 기존 시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공에 관한 문제점을 파악하고 개선안을 제시하였으며, 다음과 같다.

또한 줄눈 거동에 따른 틈새 움직임을 충분히 감당할 수 있는 적절한 줄눈재 품질 및 재료 기준을 제시하였고 <표 2>, 줄눈 파손을 시공 초기 품질관리 단계에서부터 방지하기 위한 노력의 일환으로 줄눈 절단과 관련된 구체적 품질관리 방안을 제시하였다.



<그림 4> 다웰바의 5가지 시공상태



〈그림 5〉 다월바 자동삽입

〈표 2〉 공법별 줄눈재의 종류

공법	재료		적용 품질기준
주입형	가열형	고무 아스팔트계열	ASTM D 6690 (Type II 이상)
	상온형	실리콘계열	ASTM D 5893-2004
성형	성형줄눈		성형 (TL Fug-StB 01)

※ 줄눈의 팽창/수축 거동을 고려하여 적용되는 모든 주입형 줄눈재는 ASTM C 920에 따른 움직임 허용치 등급이 +100/-50 이상이어야 함

(2) 장비 운영 관리 개선 대책 제시

포장 시공 장비(슬립폼 페이퍼) 개선 및 변화를 충분히 숙지하지 못한 상태에서 장비운영 노하우가 부족한 상태에서 일부 숙련공들의 경험에 의존하게 되어, 빈번한 오작동 발생할 수 있다. 따라서 슬립폼 페이퍼의 작동원리를 설명하고 슬래브 표면에 지나친 모르타르 발생을 억제할 수 있는 장비 운영방안을 다음과 같이 제시하였다.

(가) 슬립폼 페이퍼의 작동원리

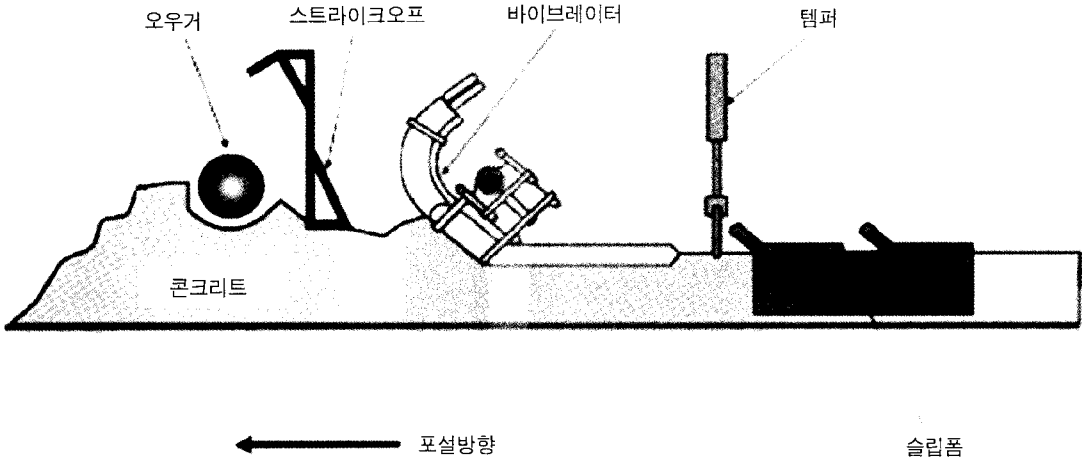
슬립폼 페이퍼는 오거(Auger) 및 스트라이크오프(Strike-off)로 콘크리트를 적절한 높이로 깎 후 바이브레이터, 탬퍼, 콘포밍 플레이트(Conforming Plate), 사이드 플레이트(Side Plate)로 다지고, 플로우트, 트레일포움(Trail Form) 및 에지(Edger)로 마무리 하면서 연속적으로 포설할 수 있어야 한다.〈그림 6〉

(나) 슬립폼 페이퍼 운영방안제시

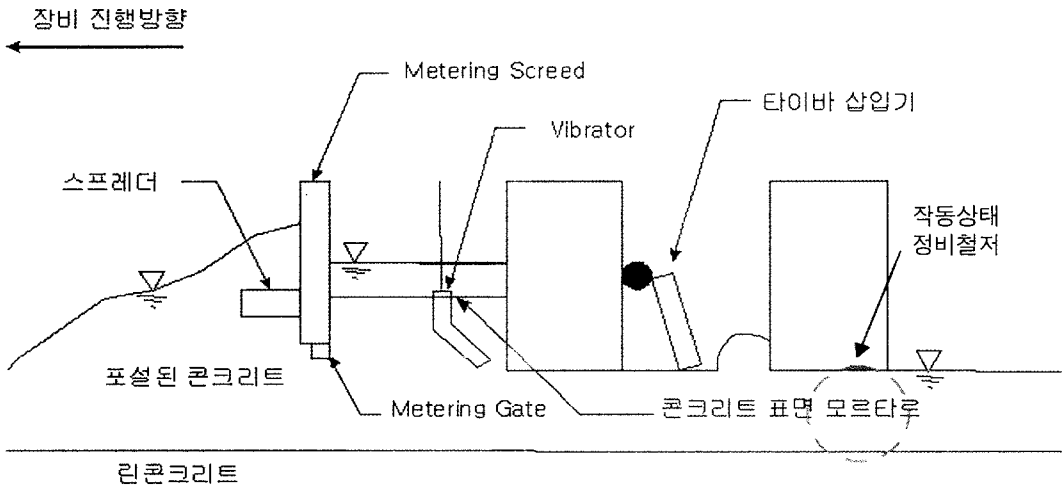
〈그림 7〉과 같이 포설된 콘크리트를 높이고, Metering Gate를 상향시켜서 포장 상부층에 포설되는 모르타르가 자연적으로 혼입되도록 하여 지나치게 모르타르가 표면에 쌓이지 않도록 하여야 한다.

(다) 슬립폼 페이퍼에 적정한 배합설계제시

포장 시공속도를 높이고 눈에 보이는 평탄성 개선에 집중한 나머지 저슬립폼 콘크리트를 적용하고, 표면 모르타르가 지나치게 많아져 각종 초기파손(동결융해, 스케일링) 발생할 수 있어, 슬립폼 페이퍼의 작동을 최적화할 수 있는 콘크리트 현장 배합비를 제시하였다.〈표 3〉



〈그림 6〉 슬립폼 페이버 개요



〈그림 7〉 적정 슬립폼 페이버 사용

〈표 3〉 수정된 포장용 콘크리트의 배합기준

항목	시험방법	단위	기준
설계기준 휨강도 (f28)	KS F 2408	MPa (kgf/cm ²)	4.5 이상 (45 이상)
단위수량		kg/m	150 이하
굵은 골재의 최대치수		mm	40이하
슬럼프값	KS F 2402	cm	4.0 이하
AE콘크리트의 공기량 범위	KS F 2409	%	4~6

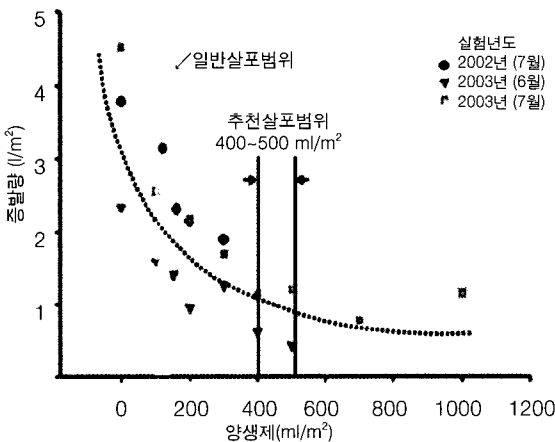
(3) 세부적인 시공 품질관리 기준 제시

계절별 기후변화가 뚜렷한 국내 시공환경을 고려하지 못한 일반적 시공관리 기준을 제시하여 콘크리트 생산, 준눈절단 시기조정 등에서 현장 상황과 일치하지 않는 경우가 발생함에 따라 일 평균기온이 4℃이하인 경우와 당일 최고기온이 32℃이상인 경우에는 반드시 한중 콘크리트 또는 ‘하절기 시멘트 콘크리트 포장 초기

균열 방지를 위한 시공관리 요령에 따른 시공계획을 각각 수립하여 시공할 수 있도록 기준을 제시하였다. 또한 하절기의 경우 양생제 살포량에 대한 정확한 기준을 제시함으로써 하절기 시멘트 콘크리트 포장 양생제 살포에 대한 명확한 기준을 다음과 같이 명시하였다.

(가) 하절기 양생제 살포량 제시

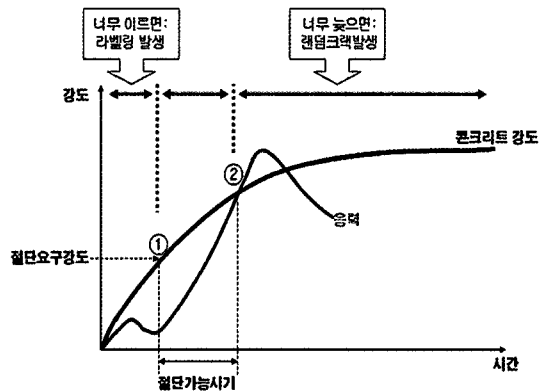
양생제 살포량은 두께가 10cm 미만인 경우 0.5~0.8 l/m² 이상 살포하고, 두께가 10cm 이상인 경우 0.8~0.9 l/m² 살포한다. KPRP 연구결과 (하절기 시멘트 콘크리트 포장의 초기균열 방지를 위한 시공관리 요령)에 의하면 현행 양생제의 일반적인 살포범위는 0.1~0.16 l/m² 인 것으로 나타났으며, 적정양생제 살포량은 0.4~0.5 l/m² 인 것으로 나타났다. <그림 8>



<그림 8> 양생제 살포

(나) 적정 줄눈 절단시기 제시

일반적으로 줄눈 절단은 콘크리트가 줄눈 절단이 가능할 정도로 경화된 이후에 가능하며 동시에 균열이 발생되기 전에 실시하여야 한다. 적정 줄눈 절단 가능기간(Sawcutting Window)은 <그림 9>에서 보는 바와 같이 콘크리트가 줄눈 절단이 가능할 정도로 경화된 시점 이후와 랜덤균열 발생 시각 이전이 되게 된다.



<그림 9> 적정 줄눈 절단 시기 설정 개념

현행의 줄눈시공은 기술자의 경험적 판단에 의존했으나 본 지침에서는 줄눈절단 시기를 위한 보다 실질적으로 표현하고자 하였는데 여름철에는 줄눈 절단을 일정 강도이상 발현이 되면 즉시 절단이 권고되는 것으로 하였고 오후 시공부분도 당일 밤 동안 랜덤 균열 가능성이 있어 가능한 많은 줄눈을 절단하도록 권고하는 내용을 삽입하였으며, 봄, 가을에는 줄눈 절단 가능시기를 당일 저녁 (기온이 높을 경우) 또는 다음 날(기온이 낮을 경우)로 정하였으며 겨울철에서는 강도발현 시간이 더디는 관계로 충분한 강도발현을 기다려서 최소 24시간 이상을 기다려서 줄눈을 절단하는 것으로 권고하였다.

(다) 거친면 마무리에 대한 기준 제시

평탄 마무리가 끝나고 포장 표면에 물기가 없어지면 거친면 마무리를 실시한다. 종방향 및 횡방향 타이닝은 20~30mm 이내의 일정한 간격과 3~6mm의 깊이로 시공하며 폭은 3mm 정도로 한다. 임의 간격 횡방향 타이닝은 일정 간격을 두지 않고 10~40mm 간격으로 설계 도면에 따라 시공한다. 거친면을 마무리 할 경우에는 다음과 같은 점에 유의하여야 한다.

- 빗살 끝 부분은 날카롭게 깎는다.
- 타이닝은 조기 시공 시 골재가 패이고 늦으면 타이닝 깊이가 얕아지므로 표면의 물기가 없어진 후 콘크리트가 경화되기 전에 실시한다.
- 장비 양측에 인원을 고정 배치하여, 타이닝 상태 점검 및 위치를 조정하도록 한다. 타이닝 실시 전에 빗살이 휘거나 콘크리트가 붙어 있는지 확인하고 교체하거나 수정하여야 하며, 예비용 1개 이상은 현장에 비치하도록 한다. 또한 공간이 적어 장비가 실시할 수 없는 곳을 대비하여 인력용 타이닝기를 사전 제작하여 비치하도록 한다.
- 특히, 타이닝 시공 중에 빗살의 벌어짐 및 휘어짐이 발생하기 쉬우므로 타이닝이 일정간격 및 깊이로 시공될 수 있도록 시공 중 빗살의 상태를 수시로 확인, 수정하여야 한다.

4. 맺음말

일반적으로 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해 공용수명이 길어 공용 기간 동안 유지보수 비용이 상대적으로 적은 것으로 알려져 왔으나 국내에서 공용 중에 있는 콘크리트 포장들 중 일부는 이러한 설계 수명을 충족시키지 못하고 조기에 파손이 발생하는 사례들이 발견되고 있다. 조기파손은 다양한 원인에 기인한다고 볼

수 있겠으나 시공품질관리 체계 미비, 지나친 시공기술자 경험의존 등이 주요 원인이라고 할 수 있으며 사계절이 뚜렷하여 시공조건이 수시로 변화하는 국내 환경조건에서는 보다 세심한 콘크리트 포장 품질관리로 이러한 조기 파손의 원인을 사전에 방지하는 것이 대단히 중요하며, 이에 대한 적절한 시공관리 대책으로 본 잠정지침의 활용이 큰 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 잠정지침은 시멘트 콘크리트 포장의 생산 및 시공관리 전반을 체계적으로 다루면서도 생산 및 품질향상을 위해서 현장에서 반드시 챙겨야 할 요점 사항들을 충분히 상세하게 수록하여 현장에서 실무자가 올바르게 시공관리를 취할 수 있도록 하였다. 본 지침이 우리나라 콘크리트 포장 품질을 한 단계 더 상승시키는 데 일조할 수 있기를 기대하여 본다.

참고 문헌

1. 건설교통부(2003), 도로공사 표준시방서
2. 건설교통부(2005), 하절기 콘크리트포장 초기균열 방지를 위한 시공관리 요령
3. 한국도로공사(2005), 고속도로공사 전문시방서
4. NCPTC(2006), Integrated Materials and Construction Practices for Concrete Pavement, FHWA HIF-07-004, FHWA