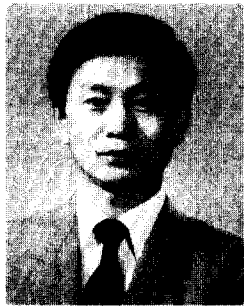
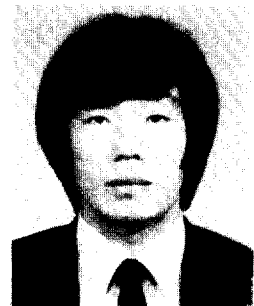


포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장의 신공법 개발동향

Recent Trends on the Construction Method of Portland Cement Concrete Pavements



오 병 환*



이 병 철**

1. 서 론

도로 포장의 대표적인 포장공법은 아스팔트 콘크리트 포장과 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장으로 대별될 수 있다. 이 두가지 포장은 도로포장에 오랫동안 사용되어 온 포장공법으로 포장구조 특성상 연성(flexible) 포장과 강성(rigid)포장으로 분류되며, 이중 아스팔트는 연성, 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장은 강성포장에 속한다.

상기 두 포장공법은 고속주행 도로용 포장으로 제각기 특성은 갖고 있으며, 아스팔트 포장공법은 승차감이 좋으며, 포설후 바로 교통개방할 수 있고 유지보수가 용이한 반면 공사비가 비싸고 소성변형등 콘크리트포장에 비하여 파괴발생 가능성과 유지보수, 유지관리비가 많이 소요되는 특성이 있다.

포틀랜드 시멘트 콘크리트의 주요특성은 강성이 크고 내구적이다. 중차량에 적합하며, 승차감이 아스팔트 포

장보다 떨어지고, 파괴발생의 가능성은 작으나 파손시 유지보수가 용이치 않다. 또한 유지보수시 콘크리트의 양생기간 소요등으로 교통차단 및 지체시간이 긴것이 문제점이다.

상기의 단편적인 두 포장공법의 특성을 열거했으나 어떠한 포장공법이 더 우수하다고 판단하는 것은 어려운 일이며, 교통상황, 사회적 제반여건등에 의하여 비교 평가되어야 할 것이다.

포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장 기술의 발전과 더불어 콘크리트 타설 방식에 있어서 기존의 습식타설(wet-concreting)에서 벗어나 건식타설(dry concreting) 및 로올러 다짐 전압을 통한 소요밀도를 획득하는 로올러 다짐 콘크리트포장(Roller Compacted Concrete Pavement : RCCP)과 습식 콘크리트타설과 조속한 양생을 통해 교통개방시간을 단축시킬 수 있는 급속콘크리트포장(Fast Track Concrete Pavement : FTCP)가 개발 및 활용단계에 있다.

본고에서는 RCCP와 FTCP 포장 공법에 대하여, 기존 콘크리트포장과의 비교를 통하여 소개하고자 한다.

* 정희원, 서울대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 서울대학교 대학원 토목공학과 박사과정

2. 로울러 다짐 콘크리트 포장 공법개요

2.1 배경

최근의 로울러 다짐 콘크리트 시공방식이 사용된 것은 1970년대초에 파키스탄의 Tarbela Dam에 적용된 것이 효시이며, 재래 콘크리트담에 비하여 신속한 콘크리트 시공으로 공사비를 60%이상 절감하였다. 이 결과 RCD(Roller Compacted Dam)이란 신조어를 만들어 냈다.

포장분야에의 사용은 1970년대 중반에 캐나다의 원목분류 작업장 포장공법으로 목재상차시 축하중 100ton정도인 목재 스티커를 지지할 수 있는 포장으로 슬래브 두께 35cm 를 처음으로 적용하였다.

동양에서는 1987년에 일본에서 주차장, 공장내의 사도등에 시험포장으로 적용되었으며, 국내에서는 이렇다할 연구와 적용실적이 없는 형편이다.

2.2 공법의 특성

포틀랜드 시멘트 콘크리트 재료의 가장 문제시되는 사항은 혼합물 생산시 투입되는 물이 될 수 있다. 물의 사용량이 항시 콘크리트 수화작용에 필요한 수량보다 많이 초과되는 경우 구조적, 내구적 특성에 유해요인이 되고 또한 양생에 시간이 많이 소요된다. RCCP의 공법의 핵심은 사용수량을 최대한로 적게 사용하는 것이며, 기존콘크리트 작업이 습식 콘크리트 타설 방식이나 RCCP의 콘크리트 혼합물은 물기를 함유한 콘크리트로 부슬부슬한 상태의 재료가 되어 기존의 습식콘크리트 타설대신 Roller전압을 하여 소요밀도의 콘크리트를 제조하게 된다.

일반적으로 RCCP콘크리트에 적용되는 물/시멘트 비 W/C=35% 내외가 적용되며, 콘크리트에 사용되고 조, 세골재는 기존 콘크리트 재료보다 품질이 떨어지는 범위까지 사용가능하다. 기존콘크리트와 비교한 설명은 4장에서 다루고자 한다.

3. 급속콘크리트 포장

3.1 배경

급속콘크리트 포장은 1986년에 기존포장의 유지보수, 즉 콘크리트 재료를 이용한 덧씌우기 재포장등에 적용키 위해 기존포장의 유지, 보수시 교통지체 및 교통 차단기간을 최소화하기 위해 개발되었다. 본 공법은 아이오와주에 시험 적용되어 큰 문제점없이 사용되고 있다. 영국등지에서도 1989년에 본 포장공법을 영국에 적용키 위해 조사 연구 여행을 실시한바 있다.

3.2 공법의 주요특성

기존콘크리트 포장공법에 비교하여 본 공법의 가장 큰 외형적 특성은 타설후 12~24시간 경과후 교통을 개방할 수 있는 점이라 할 수 있다. 이렇듯 교통 조기개방은 조강시멘트를 다량사용한 부배합콘크리트와 콘크리트 타설시 기온이 30℃ 정도까지의 서중 콘크리트일 경우가 더욱 유리하며, 콘크리트 타설후 피박양생재 살포 및 보온이 가능한 양생 슈트를 사용하여 조기강도를 확보하여야 한다. 기타 사항은 재래의 콘크리트 포장과 유사하다.

4. 기존 콘크리트 포장공법과 비교

4.1 재료

본절에서는 일반 포틀랜드 시멘트 콘크리트, FTCP 및 RCCP 콘크리트 재료에 대하여 비교하고자 한다. 혼합물의 주요특성은 표1과 같다.

표1에서 사용시멘트는 일반적으로 사용되고 있는 종류에 대한 것으로 나타냈으나 적용 용도에 따라 중용열, 조강, 준조강등 모두 사용가능하며, 조골재에 있어서 포장용으로 주로 쇄석이 사용되고 있으나 RCCP의 경우에는 평탄성 문제로 최대치수 19mm 정도의 골재를 사용하고 있다. 그러나 RCCP의 경우 노면 평탄성이 크게 요구되지 않는 경우 50mm 골재까지 사용될 수 있으며,

표1. 콘크리트 포장재료의 공법별 특성비교

구분	일반포틀랜드시멘트 콘크리트 포장	로울러다짐 콘크리트 포장(RCCP)	급속콘크리트포장(FTCP)
사용시멘트	일반 포틀랜드 시멘트	일반 포틀랜드 시멘트	조강 포틀랜드 시멘트
조골재 최대치수	쇄석 40m/m 이하	50m/m 이하 골재 사용가능하나 평탄 성분세로 20m/m 진후	쇄석 40m/m 이하
물 / 시멘트비	0.45	0.35 전후	0.35-0.40
혼화제/ 혼화재	감수제, AE제 등/ 플라이 애쉬	-/플라이애쉬	염화칼슘, 감수제 AE제등/플라이애쉬
사용시멘트량	330-340kg/콘크리트 m³	300-340kg/콘크리트 m³	420kg/콘크리트 m³
슬럼프	2.5-5cm	없음	2-6cm
상도	28일 휘강도 45kg/cm²	28일 휘강도 50kg/cm² 내외	8시간 휘강도 13-28kg/cm² 12시간 22-35kg/cm² 24시간 45-48kg/cm²
AE량	3-6%	-	4-7%

세골재에서도 #200체 통과량을 3~10% 정도까지 허용하고 있다. 사용물시멘트 비율은 일반시멘트 콘크리트 포장, FTCP, RCCP의 순서로 사용수량이 적으며, 콘크리트 재료중 가장 고價인 시멘트 사용량을 줄이기 위해 사용시멘트량의 15%내외를 플라이 애쉬로 대체 사용하고 있다. 또한 RCCP의 슬럼프는 무슬럼프 콘크리트이다. 적용AE량은 콘크리트의 동결융해저항 즉 내구성과 큰 관계가 있으므로 모든 한냉지 포장 콘크리트에서 규정 적용하고 있으나 RCCP의 경우는 로울러 전압 시 콘크리트속에 미세 공동이 형성되는 관계로 AE제 등의 사용없이 내구적인 콘크리트가 제조되는 것으로 보고되고 있다.

4.2 콘크리트 타설 및 포장시공

일반적인 콘크리트 포장타설은 인력 또는 기계포설로 나뉘며, 고속주행용 도로 포장에서는 슬립폼 페이버를 사용한 기계포설이 주로 채용되고 있다. FTCP와 기존 콘크리트 포장의 포설방식은 동일하나, FTCP의 경우

에는 아직까지 시험적용된 포장의 종류는 줄눈 콘크리트 포장에 국한되었다. 본고의 3가지 포장 모두 주로 덤프 트럭으로 운반되어 페이버로 포설되고 표면처리후 양생과정을 거쳐 교통 개방되는 것이 일반적이며 공법별 주요 특성은 표2와 같다.

표2. 콘크리트 포장 공법별 시공형태 및 제특성 (무근콘크리트 포장기준)

구분	기존콘크리트포장	RCCP	FTCP
콘크리트 생산	중앙벤티식	벤티식, 주로연속식	중앙 또는 이동식 벤티 플랜트
운반	믹서, 주로 덤프	덤프	믹서, 주로 덤프
콘크리트 타설	슬립폼 페이버, 인력	아스팔트 페이버	슬립폼 페이버, 인력
다짐	진동 붐다짐	로울러 다짐	진동 붐다짐
표면처리	주로 타이닝	없음	주로 타이닝
수출줄눈	Saw cutting 및 다우웰 줄눈	Saw cutting	Saw cutting 및 다우웰 줄눈
양생	주로 피막양생	주로 피막양생	피막양생과 열차단 보온 양생포
다짐관리	진동봉의 규정 RPM관리	Nuclear density meter 이용밀도관리	진동봉의 규정 RPM관리
교통개방	보통 2주일후	보통 1주일후	보통 12-24시간후
작용	모든 포장에 사용 (주로 고압도로)	시속 60km/hr 이하 주행도로	고속주행도로에 적용되나 교통량이 적은 도로

표2에서 RCCP의 경우 연속식 믹서가 사용되는 이유는 기존 콘크리트 포장에 비하여 콘크리트 시공속도가 월등히 빠르기 때문이다. 참고로 연속식 믹서의 경우 600ton/hr 이상의 생산능력이 있다. 콘크리트 혼합물의 운반은 대개가 덤프트럭으로 운반되며, 운반시 수분증발이 최소화되도록 커버쉬트등을 사용하여야 한다. 운반거리가 길 경우에는 믹서트럭이 사용되기도 한다.

콘크리트 포장 슬래브 콘크리트 포설은 인력포설 또는 슬립폼 페이버를 사용하여 콘크리트를 펴고르고, 다짐을 실시하며 표면 마감을 한다. 또한 타이바 삽입기가 장착 적용되기도 하는 것이 보통이며, 최근에는 수출줄눈에 다우웰바를 설치하는 경우 다우웰바 설치기가 부착된 새로운 기종이 개발되고 있다. 그러나 RCCP의 경우에는 아스팔트 포장용 페이버가 콘크리트 포설에 사용되며, 이로 인하여 기존 콘크리트 포장

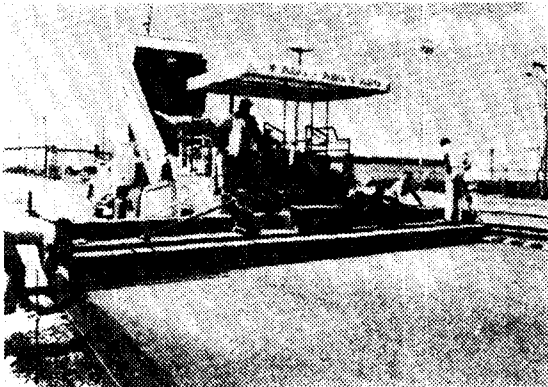


그림1. RCCP의 아스팔트 페이버 이용 포설

보다 시공 속도가 빠른 결과가 된다. 표2의 다른 두 포장슬래브는 페이버로 포설, 다짐 및 마감되나 RCCP의 경우는 아스팔트 페이버로 어느정도 1차 다짐되고, Roller를 이용하여 다짐 마무리된다. (그림1, 2 참고)

콘크리트 포장의 표면처리에는 기진마포처리, 조골재노출, 조골재 압입 및 타이닝 등이 실시되나 타이닝이 가장 많이 실시된다. 그러나 RCCP의 경우엔 다짐 마감되는 관계로 표면처리는 따로 시행할일이 노면 조직이 어느정도의 기질기를 유지한다.

무근 또는 철근 콘크리트 포장시 수축 줄눈 및 세로 줄눈은 콘크리트의 건조수축 및 저면구속 균열이 발생하기 전에 톱질절삭(saw cutting)을 실시하여 균열을 유도하게 되며, RCCP 경우 역시 톱질절삭을 실시하여 줄눈 배치형태를 유도하는 방법이 사용되나, 다른 2가지 포장과는 달리 다우웰바를 설치할 수 없다. 따라서

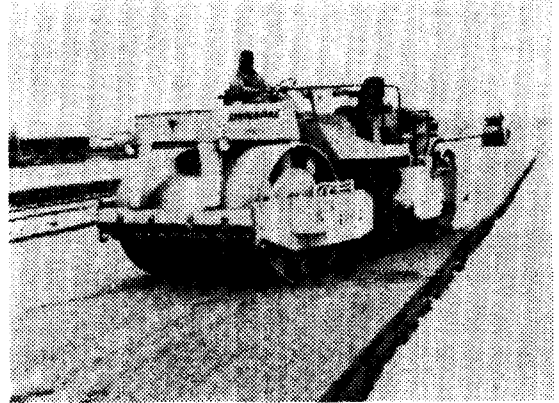


그림2. RCCP의 Roller 다짐전압



그림3. RCCP의 Nuclear density meter 이용 현장다짐 밀도 측정

RCCP는 골재 맞물림 (aggregate interlocking)으로 하중이 전달되는 형태가 된다. 따라서 동일조건시 다우웰 미설치로 인하여 슬래브 두께가 증가되나, 고강도로 인하여 어느정도 상쇄되는 효과가 있다. 일반적으로 기존시멘트 콘크리트 포장은 콘크리트타설후 24

시간 전후에 톱질절삭을 실시하나 FTCP는 타설후 5시간 전후, RCCP는 타설후 24시간 이내에 시행되는 것이 보통이다. 그러나 균열 관리는 매우 중요한 항목으로 예비 시험포장을 실시하여 결정하여야 한다.

다짐관리는 RCCP의 경우는 토공개념이 도입된 관계로 보통관리를 하며 밀도관리는 Nuclear Density Meter를 사용하여 실시된다. 그림3은 밀도를 정하는 모습이다. 콘크리트 포장은 양생기간이 소요되는 관계로 아스팔트 포장에 비하여 교통개방이 늦은 것이 유지보수 공사에 적용시 큰 문제가 된다. 이를 개선한 것이 FTCP로서 타설후 12~24시간 경과후 교통개방 가능한 특성이 있으며, RCCP의 경우도 일주일 정도 양생후 교통개방 가능하나 양생은 비용이 저렴한 피막양생이 주로 사용되며 FTCP의 경우에는 조기강도 획득 목적으로 두가지의 다른 포장에서 사용했던 피막양생재의 수량보다 50%증가시켜 적용하는 것과 보온 차단성 양생포를 추가하는 것이 다른점일 수 있다.

콘크리트 포장의 적용성은 공법의 효용성과 관계있으며, 적용성은 노면의 평탄성과 직결된다. 기존 콘크리트 포장은 고속주행용 도로에서 저급도로까지 폭넓게 사용되나, RCCP의 경우는 콘크리트 슬래브 시공기술이 고속 주행도로의 노면 특성에 맞도록 따르지 못하는 관계로 주로 60km/hr 이하의 주행도로에 사용되는 것이 보통이다. RCCP가 국내의 고속도로에 사용될 경우엔 표층에 아스팔트 마모층을 사용하여야 할 것이며, 줄눈의 하중전달 능력 감소를 극복하기 위해 선-콘크리트 등의 하중전달능력 보완성의 보조기층이 적용되어야 할 것이다. FTCP는 신개발 기술로서 저급에서 고급포장까지 널리 사용될 수 있으나, 양생과 시멘트 재료사용등의 증가로 비용 증가가 예상되므로 유지보수의 포장공법으로 사용되는 것이 보통이다. 또 한가지는 중교통(Heavy Traffic)용 포장보다는 중, 저급 교통량 포장에 시험적용되고 있는 실정이다.

5. 추후 연구과제 및 결론

콘크리트 포장공법은 현재 고급도로의 대표적인 포장

형태로 적용범위가 확대되고 있다. 본고에서 기술한 RCCP와 FTCP는 기존 콘크리트 포장에 비하여 신개발기술이랄 수 있으나 RCCP의 경우는 실용화 단계에 도달한 포장공법으로 스페인 등지에서는 아스팔트 마모층을 사용하여 고급도로 포장으로 확대 시행되고 있다.

FTCP는 1986년에 아이오와주에서 시험 적용된 포장공법이나 기존콘크리트 포장에 비하여 큰 어려움이 없는 단순한 성격의 신공법인 점을 감안할 때 유지보수 분야에 널리 보급될 것은 시간 문제인 것으로 판단된다.

이러한 신공법을 적용 및 확산 보급을 위해서는 다음과 같은 연구노력이 필요하다.

(1) 발주, 설계, 시공업체간의 신공법적용을 확산하기 위한 공동적인 노력이 요구됨.

(2) 문헌조사와 기시행기관 방문등을 통한 충분한 자료수집 및 분석.

(3) 사업적용하기 위한 실내 실험을 통한 제특성 규명과 실외 시험 포장등을 통한 설계, 시공의 기초자료 준비

(4) 지방, 지침등의 작성을 통한 시공안내, 시험 시공 실시

(5) 거동분석을 위한 지속적인 추적조사와 문제점 보완

상기와 같은 노력이 요구되며, RCCP 경우 저급도로 즉 고속 주행용 도로가 아닌 군도, 지방도, 사도, 부속도로와 각종 주차장 및 화물야적장 등에 충분히 적용 가능하다 판단되며, 이에 대한 예비실험 및 적용연구가 시급하다 하겠다.

FTCP는 유지보수 등으로 교통지체 및 차단이 예상되는 구간에 적용성이 높으며, 도로관리 기관이 주체가 되어 적용을 위한 노력을 기울일 필요가 있다고 판단된다.

신공법이란 일반적으로 절실한 개발 목적과 여러가지 유리한 점을 가지고 있을 때 효과를 발휘하며, 따라서 상기 2가지 공법은 충분히 적용가능성이 있는 것으로 판단되며, 신공법에 대한 적극적인 개발 노력이 바로 비용절감과 비용-효과를 얻는다는 것을 상기할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. American Association of State Highway and Transportation Officials, "AASHTO Guide for design of pavement structure 1986.
2. Franklin, R.E., Mercer, J., and Walker, B. J., "Fast Track Concrete Paving : Study visit to Iowa, USA", Transport and Road Research Laboratory, TRPL Report 275, 1990.
3. Chase, D. W., Lane, J., and Smith, G., "Fast track paving : meeting the need for early opening of pavement", Proceedings 4th International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitatin, Purdue University, April, 1989 PP.579-585.
4. Transportation Research Board, TRR 1062 "Roller compacted concrete pavement" 1986.
5. American Concrete Institute, "Roller compacted concrete pavement" Concrete International Feb. 1987.
6. "전압 콘크리트 포장 특집", 일본 "포장", Vol. 25 No.6, 1990.
7. Grove, J. D., "Fast track and fast track, Cedar Rapids, Iowa", Iowa DOT, Construction Report, Project MR-544, FHA Special Project 201, 1989.