연속철근콘크리트 포장 시공방법 개선 및 현장적용

전 범 준 | (주)삼우아이엠씨 과장

1. 서론

국내 시멘트콘크리트 포장의 경우 1980년대 88고속도로를 시작으로 약 4,000km가 시공되었으며 고속도로 포장 중 약 69%가 시멘트콘크리트 포장으로 시공되어 공용 중에 있다.

국내 시멘트콘크리트 포장의 경우 시공이 상대적으로 간편하고 비용이 적게 소요되는 줄눈콘크리트 포장(JCP:Jointed Concrete Pavement)이 주로 시공되어 왔다. 하지만 줄눈콘크리트 포장의 경우 취약부인 줄눈을 필연적으로 설치하여야 하며, 이로인해 각종 파손이 빈번하게 발생함에 따라 많은 유지보수비용이 발생함과 동시에 사용자의 불편을 주고 있는 실정이다. 따라서, 국내 시멘트콘크리트 포장의 문제점을 저감시키기 위한 품질개선 및 시공개선의 노력과 함께 유지보수비용을 최소화할 수 있는 시멘트콘크리트 포장에 대한 관심을 가지게 되었으며, 이중 하나가 1986년에 68.7km를 시공하여 1987년 개통해 현재까지 공용되고 있는 중부고속도로의 연속철근콘크리트 포장(CRCP:Continuously Reinforced Concrete Pavement)이다. 2006년 안성순 박사는 중부고속도로의 경우 우수한 공용성능 뿐만 아니라 줄눈콘크리트 포장 대비 유지보수비용이 20% 정도로 상대적으로 적은 유지보수 비율을 보임을 확인하였다. 하지만, 연속철근콘크리트 포장의 경우 시공초기 연속철근콘크리트 포장에 필연적으로 발생하는 횡방향 균열에 대한 부정적 시각과 공법에 대한 이해 부족 그리고 종방향 철근 배근으로 인한 공사비 증가를 이유로 널리 사용되지 못하였다. 그러나 최근 콘크리트 포장의 잦은 유지보수 문제점을 저감할 수 있는 방안 중의 하나로 한국도로공사에서는 2012년 9월 연속철근콘크리트 포장의 확대 적용안을 내고 2015년엔 신설공사 구간에 약 85km(1차로 기준)를 연속철근콘크리트로 시공할 계획을 가지고 있으며, 향후 꾸준히 그 범위를 확대해 나갈 것으로 예상된다.

하지만, 이러한 확대적용 의지에도 불구하고 과거와 달리 최근의 도로 신설공사는 주거지나 인구밀집지역을 벗어나 산지나 외곽지역에 건설되고 있으며, 이로 인해 노선의 상당 구간이 터널, 교량, 분리구간이 다수 존재하는 형태를 이루고 있는 실정이다. 이러

한 최근 도로포장 시공현장의 실정으로 인해 철근 설치 후 콘크리트 타설이 측면에서 이루어져야 하는 연속철근콘크리트 포장의 경우 일부 토공구간에만 적용할 수밖에 없는 단점을 가지고 있다. 한국도로공사에서 계획하고 있는 85km 구간의 경우 분리구간, 터널을 제외하고 나머지 콘크리트의 공급이 가능한 일부 구간에만 선정되어 있는 실정이다.

이처럼 설계 및 시공에 있어 연속철근콘크리트 포장 시공의 용이한 적용이 어렵기 때문에 대안을 모색하고 이를 개선시킬 수 있는 방법으로 기계식 연속철근콘크리트 포장이 연구되었으며 이에 대한 시공방법 및 현장 적용 내용을 간단히 소개하고자 한다.

2. 국내 CRCP 현황

2.1 CRCP 현황

최근 들어 JCP포장이 내구수명 이전에 파손됨에 따라 포장 공용성 증대를 위해 콘크리트 포장에 JCP 포장 단일공법 적용의 틀에서 벗어나, 고속도로 시공시 CRCP포장을 확대적용할 계획에 있으며(한국도로공사 설계처, 『포장공용성 증진을 위한 연속철근콘크리트 포장 확대적용 계획』, 2012), 줄눈이 없어 주행성 및 내구성이 우수하며 유지보수비용 감소 등 총생애주기비용을 고려한 경제성 측면에서 유리한 것으로 분석했다. 일반국도 시공에 있어서도 한국형 포장설계법을 감안한 CRCP포장의 확대를 추진하고 있다.

국내의 경우 CRCP포장은 1984년 경부고속도로 일부 확장 및 포장개량의 목적으로 처음 도입되었다. 시공능력 부족과 교통 및 환경하중에 대한 설계가 미흡하여 10년 미만의 공용기간 동안 균열부 보수 및 덧씌우기가 진행되었다. 이후 미흡한 부분을 개선하여 CRCP포장을 1986년도에 중부고속도로 약 68km 구간에 철근조립을 인력시공(Manual Method)으로 적용하여 시공을 실시하였으며 현재까지 양호한 상태이나, 높은 초기공사비와 구조적 특성으로 발생한 횡방향 균열의 부정적인 인식으로 인하여 이후에 진행된 판교~구리에 700m 및 일부 시험시공구간을 제외하고는 시공사례가 없는 실정이다. 최근 들어 연속철근콘크리트 포장의 적용이 다시 시작되며, 고속도로의 경우 음성~충주간 고속도로 충주IC 인근에 2차로 기준 2013년 10월경 연장 500m를 시험시공 하였고, 시공성을 평가한 후 확대시공계획을 진행 중이다. 또한 일반국도에도 2013년 CRCP와 JCP의 공용성 및 내구성에 대하여 비교·평가를 위한 시공이 이루어져 향후 확대시공이 예상된다.

그림 1. CRCP포장시공 전경(중부선, 1986년)

그림 2. 철근배근 전경(중부선, 1986년)

CRCP포장의 경우 JCP포장에 비해 공용성 및 생애주기비용을 고려한 경제성 등의 측면에서 우수함이 증명되어 적극적인 확대적용 필요성이 대두되고 있다. 따라서 향후 국내 시멘트콘크리트 포장(국내 고속도로 포장의 65.9%)의 경우 CRCP포장의 적용이 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

또한 CRCP포장의 공용성 확인을 위하여 포장 공용상태 평가지수를 통한 중부고속도로의 포장상태의 평가결과를 보면 아래 표 1과 같이 포장상태지수 및 평탄성 지수 모두에서 우수함을 확인할 수 있다.

표 1. 중부고속도로 포장상태 평가 결과

구분	JCP	CRCP	비고
포장상태지수 (HPCI)	3.23 (4등급)	3.45 (3등급)	중부고속도로 공용성 분석을 통한 CRCP와 JCP 연구, 안성순 (2006)
평탄성지수 (IRI)	2.25 (3등급)	2.22 (3등급)	

※ HPCI지수는 높을수록, IRI는 낮을수록 양호

2.2 국내외 CRCP 시공

국내 시공현장에서 CRCP포장을 적용할 경우 포장에 설치되는 철근배근작업으로 인해 그림 3, 4와 같이 시공 상에서 필연적으로 추가작업 공간이 요구된다. 따라서 과거 CRCP포장의 시공은 상·하행선이 분리되지 않은 합류부 및 토공부에 제한적으로 이루어졌으며 최근 설계되고 시공되는 도로포장의 경우 대부분의 구간이 교량과 터널 그리고 상·하행 분리구간이 대부분이어서 기존 CRCP포장을 적용할 수 있는 구간은 실질적으로 매우 한정적이다.

창녕~밀양간 고속도로 건설공사 포장설계에서도 한국도로공사 방침에 의거하여 내구성 향상을 위해 CRCP포장을 적용하도록 검토하였으나, 기존 공법으로는 콘크리트 측방공급이 분리구간에서 적용이 어렵다는 이유로 인해 터널이나 교량 등을 제외한 토공부에 제한적으로 적용하는 문제점을 해결하지 못하고 있다.

인력배근을 통한 시공에서 콘크리트를 중앙에만 공급하는 형태의 콘크리트 플레이서를 이용할 경우, 많은 양의 콘크리트가 한곳에 집중되어 공급됨에 따라 그림 5와 같이 철근이 휘거나 위치를 이탈한 상태에서 콘크리트 포장이 시공되는 등의 문제가 발생하였다.

연속철근콘크리트 포장은 콘크리트 포설 전 인력으로 철근을 조립한 상태에서 그림 6과 같이 온도변화에 의한 철근의 수축팽창으로 수백m의 철근망이 무

그림 3. 중부고속도로 CRCP포장시공 전경(1986년)

그림 5. 콘크리트 타설 시 철근변형 전경(Texas. USA)

그림 4. 음성~충주간 고속도로 CRCP포장시공 전경(2012년)

그림 6. 철근 배근 후 전도(온도영향)

너짐으로서 철근배근을 재조립해야하는 문제가 발생하기도 한다.

기계식 배근(Tube Feeding)의 경우 국내에는 사용이 전무하였으나 외국의 경우 시공사례가 확인되었다. 하지만 콘크리트 공급문제(시공성), 타이바 설치문제, 종방향 철근의 정위치 확보문제 등의 이유로 기계식 배근방법에 의한 시공이 현재에는 이루어지고 있지 않은 실정이다.

외국에서 시공된 과거 기계식 배근방식을 살펴보면, 그림 7와 같이 철근의 배근이 부정확하여 정위치에 배근되지 못하고 포장의 상부로 위치하는 문제로 인해 피복두께의 부족으로 콘크리트 포장 파손이 발생하기도 하였다. 또 다른 방법으로 기계식 배근장비와 페이버를 인접에 위치시켜 시공을 실시하였으나, 콘크리트의 측면 공급 및 타이바 설치 등의 문제로 시공성이 떨어지는 문제점을 보였으며, 바닥에 배열된 철근 위로 덤프트럭이 진입하여 콘크리트를 공급함에 따라 철근 겹이음부 및 철근의 손상이 발생하였다.

그림 8과 같이 페이버와 기계식 배근장비와의 간격

그림 7. 철근배근 상승으로 인한 포장 파손

그림 8. Tube Feeding 적용 시공 전경

을 길게 배치하는 방법은 철근 배근 및 공급에서 문제를 보였으며, 특히 튜브장비의 정밀도가 떨어져 철근이 정위치에 배근되지 못하는 문제가 발생하였다. 하지만, 기계식 시공 중에서도 유럽이나 일부 미국의 경우 철근이 올바른 위치에 시공된 구간의 경우 훌륭한 공용성을 보여주고 있음을 확인할 수 있었다.

3. CRCP포장 시공개선 및 현장적용

3.1 시공개선

국내 CRCP포장의 문제점을 해결할 수 있는 방법으로 과거 기계식 시공방법을 개선하여 최소공간에서 시공할 수 있는 기계식 시공 CRCP포장이 최근 시험시공이 이루어졌다.

포설이전에 커플러를 이용하여 연결 준비한 종방향 철근을 그림 9의 철근유도장비(Tube 곡률설치)를 통해 철근과 튜브사이의 기계적 마찰에 의한 철근장력을 확보하고 이를 통해 콘크리트 타설 시 철근의 처짐

표 2. 시공방법 개요

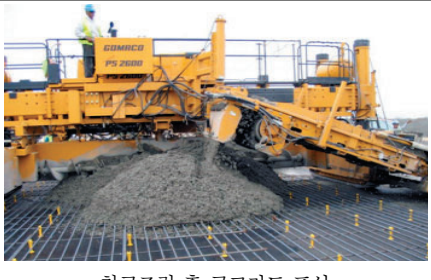
구분	시공전경
기계식 연속철근 콘크리트 포장공법	철근조립과 콘크리트 포설 동시시행
인력식 연속철근 콘크리트 포장공법	 철근조립 후 콘크리트 포설

그림 9. 튜브 곡률(휨 형상 설치) 배치 전경

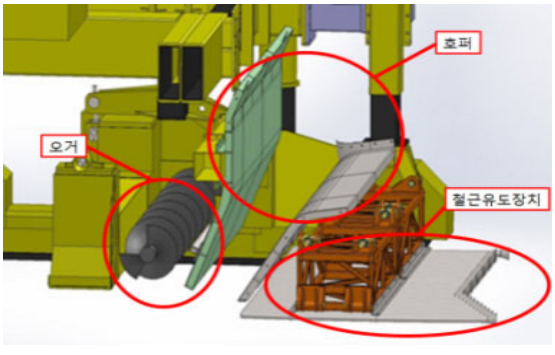


그림 10. 장비구성 절단면도

그림 11. 장비 운용 전경

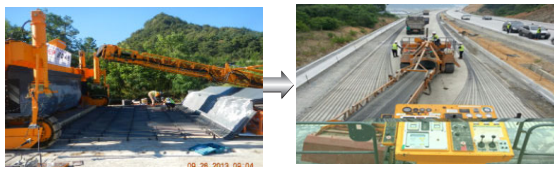
을 방지하고자 하였다. 또한 철근이 배근과 동시에 그림 10과 같이 전방 스프레더로부터 호퍼부에 콘크리트를 동시 타설되도록 하여 콘크리트 포장 단면 설계 위치에 철근이 시공될 수 있도록 하였다.

그리고 그림 12와 같이 시공 중 철근의 높이를 항시 모니터링 할 수 있는 계측바를 설치하여 시공정밀도를 확보할 수 있도록 하였다.

그림 12. 배근 위치 확보 및 모니터링용 계측바 설치 전경

3.2 현장적용

기계식 CRCP포장의 시공순서를 살펴보면, 사전에 커플러를 이용하여 종방향 철근을 연결하여 준비하고



1. 철근연결 및 시점부 콘크리트 포설

2. 철근배근 동시 콘크리트 포설 3. 타이닝

4. 양생제 살포 5. 시공완료

그림 13. 기계식 CRCP 포장의 시공순서

표 3. 기계식 CRCP 포장 공법 시공 현황

연번	공 사 명	발주처명	시공자명	공사규모	주 소	비 고
1	기계식 CRCP 1차 모의시공 (청원연구소)	-	(주)삼우아이엠씨	369㎡ (92.3㎥)	충청북도 청원군 남이면 부용외천리 1070-3	2013.04
2	기계식 CRCP 2차 모의시공 (영동 폐도)	-	(주)삼우아이엠씨	820㎡ (212.5㎥)	충청북도 영동군 황간면 회포리 15-1	2013.09
3	회천-상패 1공구 시험시공	서울지방국토관리청 (한라건설)	(주)삼우아이엠씨	850㎡ (255㎥)	경기도 양주시 봉양동 신내교차로 건설현장 부근	2013.11
4	함양-성산 13공구 시험시공 (대구방향)	한국도로공사 (포스코건설)	(주)삼우아이엠씨	2,964.3㎡ (889.3㎥)	경북 고령군 쌍림면 월막리	2013.12
5	함양-성산 13공구 시험시공 (광주방향)	한국도로공사 (포스코건설)	(주)삼우아이엠씨	4,100㎡ (1,230㎥)		2014.05

모의시공 (청원연구소)

모의시공 (영동폐도)

시험시공(회천-상패)

함양-성산13공구 (대구방향)

함양-성산13공구 (광주방향)

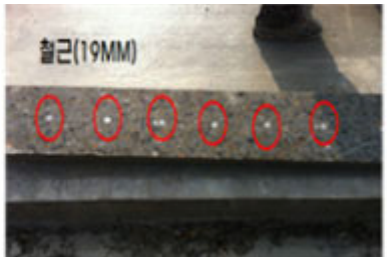


그림 14. 시험시공 및 철근 배근상태 확인 전경

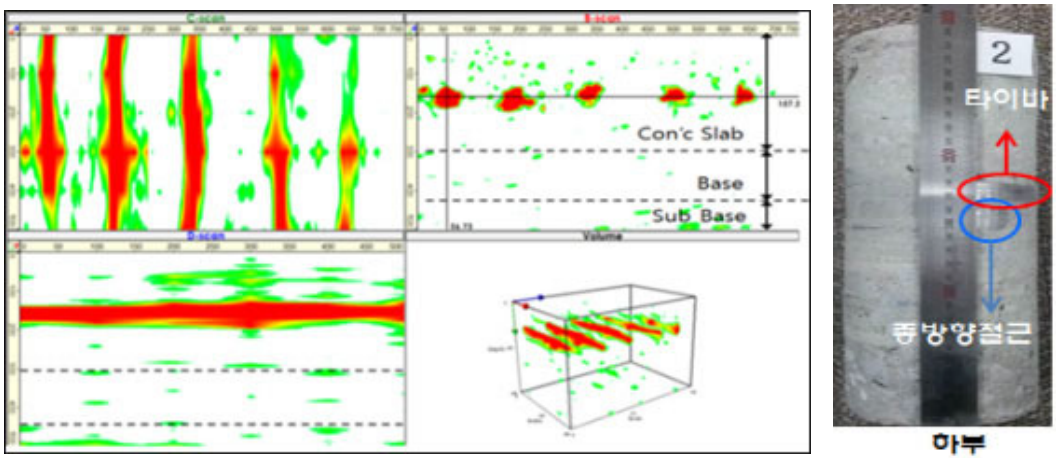


그림 15. MIRA 장비 이용 철근 배근상태 확인

이를 철근 유도장비로 자동배근함과 동시에 콘크리트를 포설하고 타이닝 및 양생과정의 절차로 시공된다.

이러한 기계식 연속철근콘크리트 포장의 경우 표 3과 같이 2013년부터 모의시공과 국도 및 고속도로 시험시공이 이루어졌다.

3.3 기계식 CRCP포장 평가

기계식 CRCP포장의 철근시공 상태를 확인하기 위하여 시공 중 실제확인 후 단면 확인을 실시(그림 13)하였으며 일부 시공구간의 경우 비파괴측정방법 중 초음파 탐사장비(MIRA)를 이용하여 콘크리트 내부의 철근 배근상태를 확인하였다.

이를 통해 기존 기계식 배근방법의 문제점으로 지적된 종방향 철근의 간격과 높이 등 적정 위치 배근 여부를 확인하였으며, 그림 14와 같이 함양~성산 13공구 시험시공 구간의 정위치에 철근이 배근된 상태(설계위치 배근)를 확인할 수 있었다.

4. 맺음말

CRCP포장의 경우 과거 기 시공된 중부고속도로를 통해 공용성 및 유지보수에 대한 효율성이 입증되어, 향후 연속철근콘크리트 포장의 확대적용이 예상되나 국내 시공여건 상 공간적 제약조건의 개선이 필요한 상황이다. 이에 기계식 연속철근콘크리트 포장 공법을 적용하여 공간적 제약조건 없이 시공이 가능할 수 있게 함으로써 향후 국내 연속철근콘크리트 포장의 확대적용에 기여할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 모니터링을 통해 국외 기계식 시공사례와 비교하여 철근의 정위치 배근 시 기계식 연속철근콘크리트 포장의 공용성을 검증하고 공법을 개선시켜 우수한 콘크리트포장 시공기술 중 하나로 발전시켜 나아가야 할 것으로 보인다.