

보안 과제(), 일반과제(○) / 공개(○), 비공개()
국토교통기술사업화지원 사업 제2차 연도 최종 보고서

발간등록번호

11-1613000-001867-01

R&D / 15TBIP-C073608-02

철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비를 이용한 콘크리트포장 공법의 사업화 연구 최종보고서

2017. 08. 10

주관연구기관 / (주)삼우아이엠씨

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비를 이용한 콘크리트포장 공법의 사업화 연구’(연구개발
기간 : 2014.06.01 ~ 2016.12.01) 과제의 최종보고서(보완)을 제출합니다.

2017. 08. 10.

주관연구기관명 : (주)삼우아이엠씨 (대표자) 김 기 헌
협동연구기관명 : (대표자)
참여기관명 : (대표자)



주관연구기관책임자: 전 범 준
협동연구기관책임자:
참여기관책임자:

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15TBIP -C073608-02	해당 단계 연구 기간	2015.06.02.~ 2016.12.01	단계구분	2단계 /2단계
연구사업명	중사업명	국토교통기술사업화지원			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명				
	세부과제명	철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비를 이용한 콘크리트포장 공법의 사업화 연구			
연구책임자	전범준	해당단계 참여 연구원 수	총:20 명 내부:18 명 외부: 2 명	해당단계 연구개발비	정부:200,000천원 기업:134,000천원 정부 외: 천원 계:334,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총:20 명 내부:18 명 외부: 2 명	총 연구개발비	정부:455,000천원 기업:304,000천원 정부 외: 천원 계:759,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)삼우아이엠씨			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명: 이노싱크컨설팅			연구책임자: 정지윤	
요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)				보고서 면수	

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	○ 연구목적 - 본 연구에서는 포장 공용성 증대를 위하여 JCP포장 위주에서 벗어나, CRCP 포장의 확대적용을 목적으로 하는 기존 CRCP 공법의 시공성 해결과 구조적 성능을 향상시킨 공법을 개발하고자 한다. - 이를 위해 기존 개발 장비의 일체화를 통해 시공성, 경제성을 개선하여 기존보다 효율적인 장비를 개발하여 사업화하는 연구를 진행하는 것을 목적으로 한다. ○ 연구내용 - 콘크리트 포설 일체화 및 효율성 20%향상 - 기존 개발 장비대비 콘크리트포설 효율 10%이상 달성 - 철근유도장치를 통한 종방향 철근 배근의 전자식 스티어링 시스템 탑재 - 철근연결(커플러)의 효율성 증대를 위한 기계식 이음방안 연구개발 적용 : 종방향 철근을 횡방향 보조철근 없이 안정적으로 배근하여 포설을 동시에 수행할 수 있는 철근유도장치와 콘크리트 포설 및 마무리를 수행하는 패이퍼를 일체화(철근유도장치, 슬립폼패이퍼(SP1600) 시킬 수 있도록 장비개발 연구 개발한 후 모의/시험시공을 실시하여 문제점을 개선하였다. 이를 통해 현장 적용성능을 확보하여 효율성 증대를 확보하고 일일 시공량을 증대시켰다. 또한, 센서를 통한 종방향 철근의 설계 단면에 대한 배근 정밀도를 향상 시키고 타이바삽입장치(TBI)를 통한 타이바 삽입 정밀도를 향상시켰다.
----------------	--

	본 기술사업화 연구과제를 통해 철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발, 현장 적용성 평가를 수행하여 사업화 기틀을 마련하고 이를 토대로 국내 및 해외 건설 시장의 성공적 진입을 최종목표로 연구를 진행하였다.
연구개발성과	○ 철근유도 및 콘크리트 공급/포설 마무리 일체화 장비 개발 및 공법 개발 - 슬림폼페이퍼(SP1600), 철근유도장치의 일체화를 통해 현장 적용성능을 확보와 일일 시공량을 향상시켰다. - 일체화 장비에 철근위치조절이 가능한 센서, 타이바삽입장치(TBI)를 개발하여 설치하였다. - 2차로 포설뿐만 아니라 3차로 동시 포설이 가능한 장비를 개발하였다. - 우수한 공용성을 제공하고 경제적이며 시공성능이 우수한 공법을 위하여 품질기준 및 이를 확보할 수 있는 전문 시방서 개발하였다. - 개발 장비에 의해 철근이 콘크리트 포설 시 정확한 요구 위치에 배근되어야 함으로 이에 대한 설계요구조건 만족하였다. - 기존 연속철근콘크리트포장 보다 5~10% 향상된 시공효율 확보를 위해 45m/hr (360m/day)의 시공성능을 확보하였다. ○ 현장적용 및 평가 - 본 추가연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하였다. - 기존 공법대비 시공인력 감소, 사용 철근량, 시공효율 등을 평가하고 발전시켰다. ○ 기술에 대한 지식재산권 확보(특허 2건, 논문 1건 이상, 학술대회 논문 2건) 및 홍보 - 기술 권리 확보 및 홍보 활동 실시. ○ 사업화 - 기술 사업화를 위한 현장 시공 실시와 이를 통한 홍보활동을 실시하였다.
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 기술적 기대성과 - 본 공법의 전방관련 산업에 대한 기술적 확산의 파급효과는 재료측면에서 철근 사용량의 증가(131TON/KM/2차로)로 연간 약 8500톤 규모 이상의 철강재 수요 창출의 기술파급효과를 기대할 수 있으며, 장비측면에서는 철근배근장비를 개발함으로써 해외 기술 수출 시 국산화 장비의 해외 보급(진출)을 기대할 수 있다. - 본 공법의 후방관련 산업에 대한 기술적 확산의 파급효과는 물류 및 유통분야에 커다란 파급효과를 가지고 있다. 국토해양부 ‘국토해양 통계누리’ 자료에 의하면 2009년 전국적으로 GDP의 2.8%에 달하는 28조원 가량이 교통혼잡 비용으로 소모되고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 유지보수에 따른 교통차단 횟수를 절반이하로 감소시킬 수 있는 본 기술이 개발되면 매년 수조원(약 8.4조원) 이상의 교통혼잡 비용의 감소가 예상된다. ○ 사회·경제적 파급효과 - 본 연구개발에 따른 경제적 측면에서 생산성향상 효과를 얻을 수 있다. 인력철근배근에 따른 공기를 단축할 수 있으며, 시공성 향상으로 포설시간을 줄일 수 있다. 이에 따른 비용절감효과는 상당할 것으로 판단된다. - 환경적인 측면에서 철근사용량을 약 8.81%가량 줄임으로써 CO2발생량을 줄여 친환경 건설에 기여하고, 잦은 유지보수로 인한 유지관리비의 증가와 사용자들의 불편을 최소화 하고자 한다. 또한 한계공용수명에 도달하였을 경우에도 손쉽게 전면 보수가 용이할 것으로 판단된다.

	○ 활용방안 - 교량 접속부 슬래브의 경우 교대와 뒷채움간의 부등침하 및 그에 따른 포장파손으로 인한 평탄성 저하를 방지하는 목적으로 설치한다. 이때, 일반적으로 접속슬래브의 부등단차는 교대 뒷채움부의 침하에 의해 발생되며, 접속슬래브 끝부분에서 가장 많이 발생하고 점차적으로 진행되는 경향이 있다. 향후 본 개발 공법 기술을 바탕으로 접속슬래브의 문제점을 해결할 수 있도록 링크슬래브가 포함되고 연속철근콘크리트 포장이 이용된 국외의 SEAMLESS 공법을 국내 실정에 맞도록 개량화하여 국내의 고질적으로 발생하는 접속슬래브 문제를 해결하여 적용시킬 수 있을 것으로 판단된다. - 또한 기존 콘크리트 포장, 아스팔트 포장의 노후화가 진행됐을 경우 덧씌우기 공법이 적용 가능하여 효과적인 유지보수를 실시할 수 있을 것이다.				
핵심어 (5개 이내)	철근유도고정	기계배근	인력배근	연속철근 콘크리트포장	일체화

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

Purpose & Contents	○ Purpose of Research - 본 연구에서는 포장 공용성 증대를 위하여 JCP포장 위주에서 벗어나, CRCP 포장의 확대적용을 목적으로 하는 기존 CRCP 공법의 시공성 해결과 구조적 성능을 향상시킨 공법을 개발하고자 한다. - 이를 위해 기존 개발 장비의 일체화를 통해 시공성, 경제성을 개선하여 기존보다 효율적인 장비를 개발하여 사업화하는 연구를 진행하는 것을 목적으로 한다. ○ 연구내용 - 콘크리트 포설 일체화 및 효율성 20%향상 - 기존 개발 장비대비 콘크리트포설 효율 10%이상 달성 - 철근유도장치를 통한 종방향 철근 배근의 전자식 스티어링 시스템 탑재 - 철근연결(커플러)의 효율성 증대를 위한 기계식 이음방안 연구개발 적용 : 종방향 철근을 횡방향 보조철근 없이 안정적으로 배근하여 포설을 동시에 수행할 수 있는 철근유도장치와 콘크리트 포설 및 마무리를 수행하는 페이버를 일체화(철근유도장치, 슬립폼페이버(SP1600) 시킬 수 있도록 장비개발 연구 개발한 후 모의/시험시공을 실시하여 문제점을 개선하였다. 이를 통해 현장 적용성능을 확보하여 효율성 증대를 확보하고 일일 시공량을 증대시켰다. 또한, 센서를 통한 종방향 철근의 설계단면에 대한 배근 정밀도를 향상 시키고 타이바삽입장치(TBI)를 통한 타이바 삽입 정밀도를 향상시켰다. 본 기술사업화 연구과제를 통해 철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발, 현장 적용성 평가를 수행하여 사업화 기틀을 마련하고 이를 토대로 국내 및 해외 건설 시장의 성공적 진입을 최종목표로 연구를 진행하였다.
	○ 철근유도 및 콘크리트 공급 / 포설 마무리 일체화 장비 개발 및 공법 개발 - 슬립폼페이버(SP1600), 철근유도장치의 일체화를 통해 현장 적용성능을 확보와 일일 시공량을 향상시켰다. - 일체화 장비에 철근위치조절이 가능한 센서, 타이바삽입장치(TBI)를 개발

	하여 설치하였다. - 2차로 포설뿐만 아니라 3차로 동시 포설이 가능한 장비를 개발하였다. - 우수한 공용성을 제공하고 경제적이며 시공성능이 우수한 공법을 위하여 품질기준 및 이를 확보할 수 있는 전문 시방서 개발하였다. - 개발 장비에 의해 철근이 콘크리트 포설 시 정확한 요구 위치에 배근되어야 함으로 이에 대한 설계요구조건 만족하였다. - 기존 연속철근콘크리트포장 보다 5~10% 향상된 시공효율 확보를 위해 45m/hr (360m/day)의 시공성능을 확보하였다. ○ 현장적용 및 평가 - 본 추가연구개발을 통해 얻어진 성과를 최종적으로 현장에 적용함으로써 공법의 완성도와 포장 공용성 증대의 효과를 검증하였다. - 기존 공법대비 시공인력 감소, 사용 철근량, 시공효율 등을 평가하고 발전시켰다. ○ 기술에 대한 지식재산권 확보(특허 2건, 논문 1건 이상, 학술대회 논문 2건) 및 홍보 - 기술 권리 확보 및 홍보 활동 실시. ○ 사업화 - 기술 사업화를 위한 현장 시공 실시와 이를 통한 홍보활동을 실시하였다
Expected Contribution	○ 기술적 기대성과 - 본 공법의 전방관련 산업에 대한 기술적 확산의 파급효과는 재료측면에서 철근사용량의 증가(131TON/KM/2차로)로 연간 약 8500톤 규모 이상의 철강재 수요 창출의 기술파급효과를 기대할 수 있으며, 장비측면에서는 철근배근장비를 개발함으로써 해외 기술 수출 시 국산화 장비의 해외 보급(진출)을 기대할 수 있다. - 본 공법의 후방관련 산업에 대한 기술적 확산의 파급효과는 물류 및 유통 분야에 커다란 파급효과를 가지고 있다. 국토해양부 ‘국토해양 통계누리’ 자료에 의하면 2009년 전국적으로 GDP의 2.8%에 달하는 28조원 가량이 교통혼잡 비용으로 소모되고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 유지보수에 따른 교통차단 횟수를 절반이하로 감소시킬 수 있는 본 기술이 개발되면 매년 수조원(약 8.4조원) 이상의 교통혼잡 비용의 감소가 예상된다. ○ 사회·경제적 파급효과 - 본 연구개발에 따른 경제적 측면에서 생산성향상 효과를 얻을 수 있다. 인력철근배근에 따른 공기를 단축할 수 있으며, 시공성 향상으로 포설시간을 줄일 수 있다. 이에 따른 비용절감효과는 상당할 것으로 판단된다. - 환경적인 측면에서 철근사용량을 약 8.81%가량 줄임으로써 CO2발생량을 줄여 친환경 건설에 기여하고, 잦은 유지보수로 인한 유지관리비의 증가와 사용자들의 불편을 최소화 하고자 한다. 또한 한계공용수명에 도달하였을 경우에도 손쉽게 전면 보수가 용이할 것으로 판단된다. ○ 활용방안 - 교량 접속부 슬래브의 경우 교대와 뒤택채움간의 부등침하 및 그에 따른 포장과손으로 인한 평탄성 저하를 방지하는 목적으로 설치한다. 이때, 일반적으로 접속슬래브의 부등단차는 교대 뒤택채움부의 침하에 의해 발생되며, 접속슬래브 끝부분에서 가장 많이 발생하고 점차적으로 진행되는 경향이 있다. 향후 본 개발 공법 기술을 바탕으로 접속슬래브의 문제점을 해결할 수 있도록 링크슬래브가 포함되고 연속철근콘크리트 포장이 이용된 국외의 SEAMLESS 공법을 국내 실정에 맞도록 개량화하여 국내의 고질적으로 발생하는 접속슬래브 문제를 해결하여 적용시킬 수 있을 것으로 판단된다.

	- 또한 기존 콘크리트 포장, 아스팔트 포장의 노후화가 진행됐을 경우 덧씌우기 공법이 적용 가능하여 효과적인 유지보수를 실시할 수 있을 것이다.				
Keywords	Reinforced Tube Feeding & Fixed Device	Mechanical Placement Method	Manual Method	Continuously Reinforced Concrete Pavement	Unification

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	8
2. 국내외 기술 개발 현황	14
3. 연구 수행 내용 및 성과	23
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	71
5. 연구개발성과의 활용 계획	72
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	73
7. 연구개발성과의 보안등급	74
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	75
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	76
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	77
11. 기타 사항	78
12. 참고 문헌	79

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

- 현재 시행되고 있는 시멘트 콘크리트 포장의 형식은 무근(줄눈) 콘크리트 포장(이하 ‘JCP’ : Jointed Concrete Pavement)이 대부분이다. 시공경험이 풍부하고 타 공법에 비해 초기공사비가 저렴하다는 점에서 가장 많이 쓰이고 있으나 줄눈부의 잦은 손상으로 인한 유지 보수가 필요하며 수축줄눈에 의한 승차감 불량 및 안전 등의 문제점이 발생하고있다. 이에 대응하여 2012년부터 한국도로공사와 국토교통부에서 연속철근콘크리트 포장(이하 ‘CRCP’ : Continuously Reinforced Concrete Pavement)의 적용이 제안되었다.
- 하지만 국내 시공현장에서 CRCP포장을 적용할 경우 포장에 설치되는 철근배근작업으로 인해 시공상에서 필연적으로 추가 작업 공간이 요구된다. 따라서 과거 CRCP공법의 시공은 상하행선 합류부 및 토공부에 제한적으로 이루어졌으며 최근 설계되고 시공되는 도로포장의 경우 대부분의 구간이 교량과 터널 그리고 상·하행 분리구간이 대부분이어서 기존 CRCP를 적용할 수 있는 구간은 실질적으로 매우 한정적이다. 또한 콘크리트 집중포설로 인한 철근 휘어짐과 종방향 철근의 배근 부정확성 등으로 인해 콘크리트 포장 파손이 발생하였다.
- 이에 본 연구에서는 포장 공용성 증대를 위하여 JCP포장 위주에서 벗어나, 콘크리트 포장의 내구성 저하 원인인 횡방향 줄눈을 제거하여 주행성 및 내구성이 우수하고 덧씌우기 등 보수가 용이하며, 총생애주기비용을 고려하여 경제성 측면에서 유리한 CRCP 포장의 확대적용을 목적으로 하는 기존 CRCP 공법의 시공성 해결과 구조적 성능을 향상시킨 공법을 개발하고자 한다.

2. 연구개발의 필요성

가. 기술 현황 및 동향

- 도로포장은 공용기간내에 통과하는 교통하중 및 노상토의 동상·흡수·팽창 등의 환경적인 영향들에 저항하고, 도로의 주행성이 만족할 만한 상태를 유지할 수 있도록 설계되어야 하며, 통과지역의 강우, 강설등 기후조건과 중차량 구성비등 교통특성, 지반조건을 감안하고, 도로와 교통관리 측면 및 수명도래후의 재포장 대책 등을 고려하여 포장형식을 결정한다.
 - 국내 시공되고 있는 대표적인 도로포장은 <표 1.1>과 같이 아스팔트 콘크리트포장과 시멘트 콘크리트 포장이 대표적이라 할 수 있다.
 - 포장 형식별 특징을 <표 1.2>에서 시멘트 콘크리트 포장의 대표적인 형식을 살펴보면, 국내에서 가장 널리 시공되어 이용되고 있는 무근(줄눈) 콘크리트 포장(이하 ‘JCP’ : Jointed Concrete Pavement)과 1986년도 중부고속도로에 적용되었던 연속철근콘크리트 포장(이하 ‘CRCP’ : Continuously Reinforced Concrete Pavement)이 있으며 그리고 최근 시멘트콘크리트포장 내 강선을 삽입하여 포장체에 압축력을 가하여 시공하는 포스트텐션콘크리트 포장(이하 ‘PTCP’ : Post Tensioned Concrete Pavement)의 시공이 이루어지고 있다.
-

<표 1.1> 포장의 종류

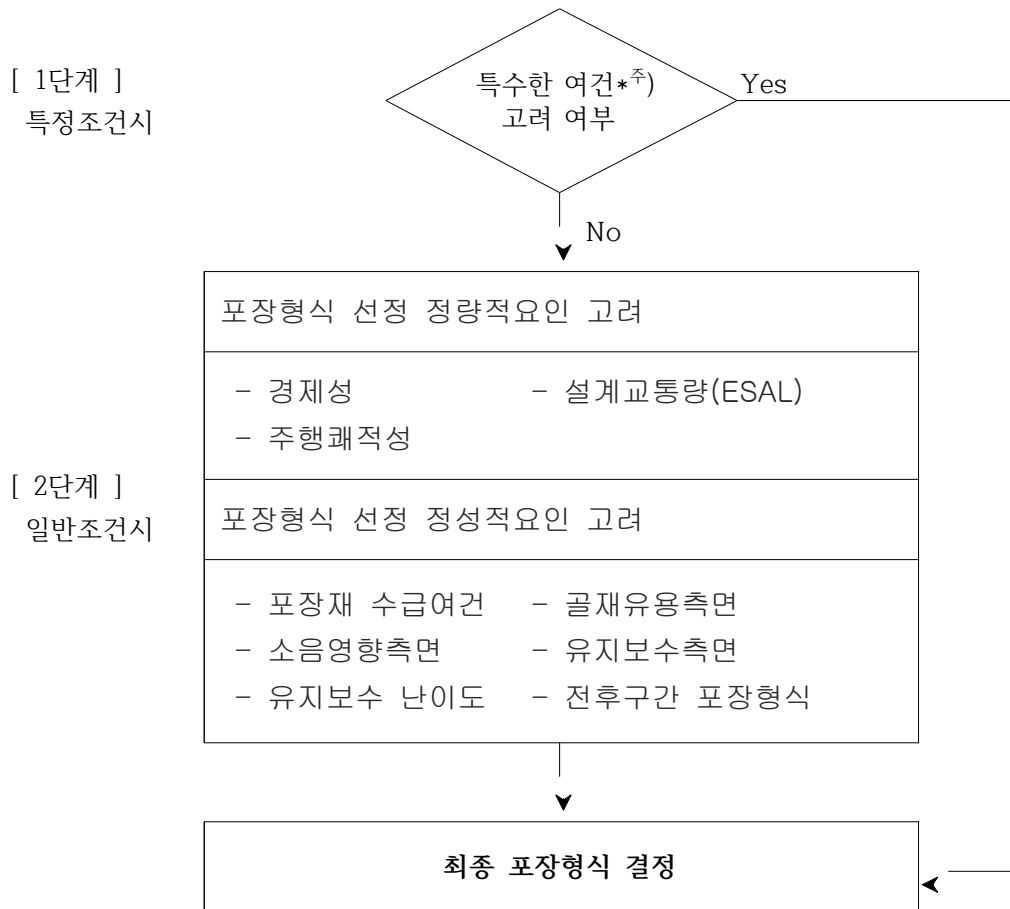
구 분	포 장 형 식 별 개 요
아스팔트 콘크리트포장	• 골재를 역청재료로 결합하여 만든 표층 및 중간층을 가진 포장을 말하여, 일반적으로 표층, 기층 및 보조기층으로 이루어진다. • 하중재하에 의해 생기는 응력이 포장을 구성하는 각층에 분포되어 하층으로 갈수록 점차 넓은 면적에 분산되므로 각층 구성과 두께는 역학적 균형을 유지하여 교통하중에 충분히 견딜 수 있어야 한다.
시멘트 콘크리트포장	• 강성포장의 대표적인 것은 무근 콘크리트포장으로 이는 시멘트 콘크리트 슬래브가 교통하중에 의하여 발생하는 응력을 휨저항으로 지지한다. • 일반적으로 슬래브와 보조기층으로 구성되어 있고 슬래브 위에 아스팔트 콘크리트 마모층을 둘 수 있으며, 보조기층은 슬래브에 균등한 지지력을 주고 균열부에서의 펌핑현상을 막아주는 역할을 한다. • 시멘트 콘크리트포장에서는 무근 콘크리트포장과 연속철근 콘크리트포장이 있다.

<표 1.2> 포장형식별 특징

구 분	아스팔트 콘크리트 포장	무근 콘크리트 포장	연속철근 콘크리트 포장
구조 특성	• 포장층이 일체로 교통하중을 지지하고 노상에 윤하중 분포 • 포장두께는 교통하중과 노상하중, 노상지지력에 근거하여 설계 • 반복되는 교통하중에 민감	• 콘크리트 슬래브 자체로 교통하중 및 온도변화에 대해 지지 • 슬래브에 불규칙한 균열 방지를 위해 가로수축줄눈을 4~6m 간격 설치 • 골재 맞물림 및 다우웰 바로 슬래브간 하중전달	• 콘크리트 슬래브 자체로 교통하중 및 온도변화에 대해 지지 • 슬래브에 발생하는 균열을 연속 철근으로 억제 • 팽창줄눈(EXP.Joint)은 설치되나 가로수축 줄눈은 불필요
시공성	• 신속성 간편성 측면에서 유리 • 단계시공 방식에서 유리	• 줄눈설치 및 콘크리트 양생등으로 다소불리	• 콘크리트 측방공급에 따른 작업공간 필요 (확장구간에 부적합)
유지 보수	• 부분보수 용이 • 유지관리비 고가 • 잦은 보수로 교통소통에 지장 초래 • 보수 시기가 늦어지면 큰 하자 발생	• 유지관리비 저렴(단, 줄눈부의 정기적인 유지 보수 필요) • 연속철근 콘크리트 포장에 비해 국부적인 파손보수가 용이	• 높은 시공수준이 요구되거나 유지보수비 저렴
공용성	• 공사후 즉시 교통개방 • 평탄성 및 승차감 양호 • 소음이 적음	• 장기간 양생필요 • 수축줄눈의 설치로 승차감 불량 • 소음발생	• 장기간 양생필요 • 무근콘크리트 포장에 비해 승차감 양호 • 소음발생

- 국내도로포장의 선정절차에 있어 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장은 각각의 상대적인 특성을 갖고 있어 모든 요소를 비교 평가하여 포장형식 선정절차에 의해 포장형식을 선정한다.

<표 1.3> 포장형식 선정 절차



주)특수한 여건

· 아스팔트 콘크리트 포장	· 시멘트 콘크리트 포장
- 연약지반구간	- 설계교통량 56백만 ESALs
- 제설재 5ton/km/차로 이상인 지역	- 연장 500m를 초과하는 터널
※ 단구간 등 특수한 여건일 경우 2단계 검토가능	
※ 위의 요건의 경우는 2단계를 거치지 않고 바로 포장형식 확정	

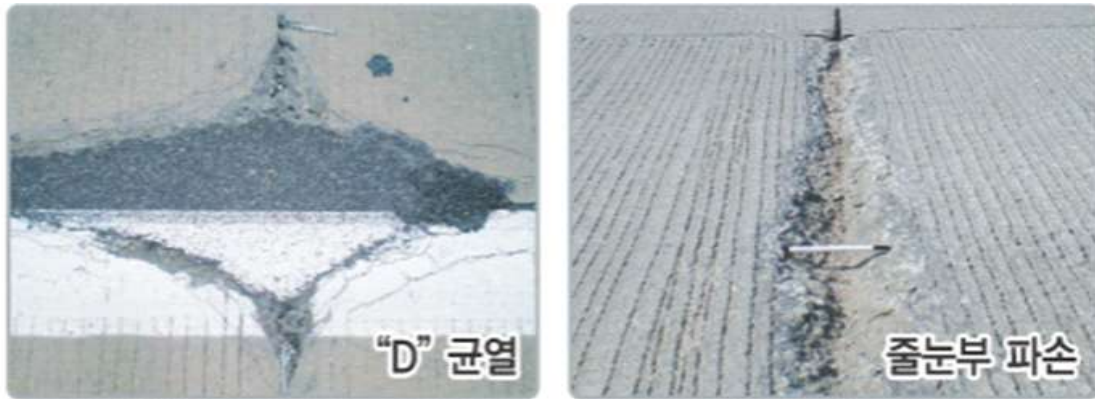
- 국내 도로 포장 적용 현황은 전체 포장 중 아스팔트 콘크리트 포장이 89.4%를 차지하고, 시멘트 콘크리트포장은 10.6%를 차지하고 있다. 그러나 중차량과 고속의 주행을 요하는 고속도로에 있어서는 <표 1.4>에서와 같이 시멘트콘크리트 포장이 62%를 차지하고 있다.
- 고속도로의 경우 1980년대 88고속도로 시공을 시작으로 시멘트 콘크리트 포장의 적용이 확대되어 왔으며, CRCP의 높은 초기공사비와 자연발생적인 균열의 부정적 인식에 의해 JCP포장이 대부분을 차지하고 있는 실정이다.

<표 1.4> 국내포장 적용 현황

구 분	아스팔트 포장	콘크리트 포장			비고
		JCP	CRCP	계	
국내전체	89.4%	10.5%	0.1%	10.6%	
고속도로	38.0%	60.0%	2.0%	62.0%	

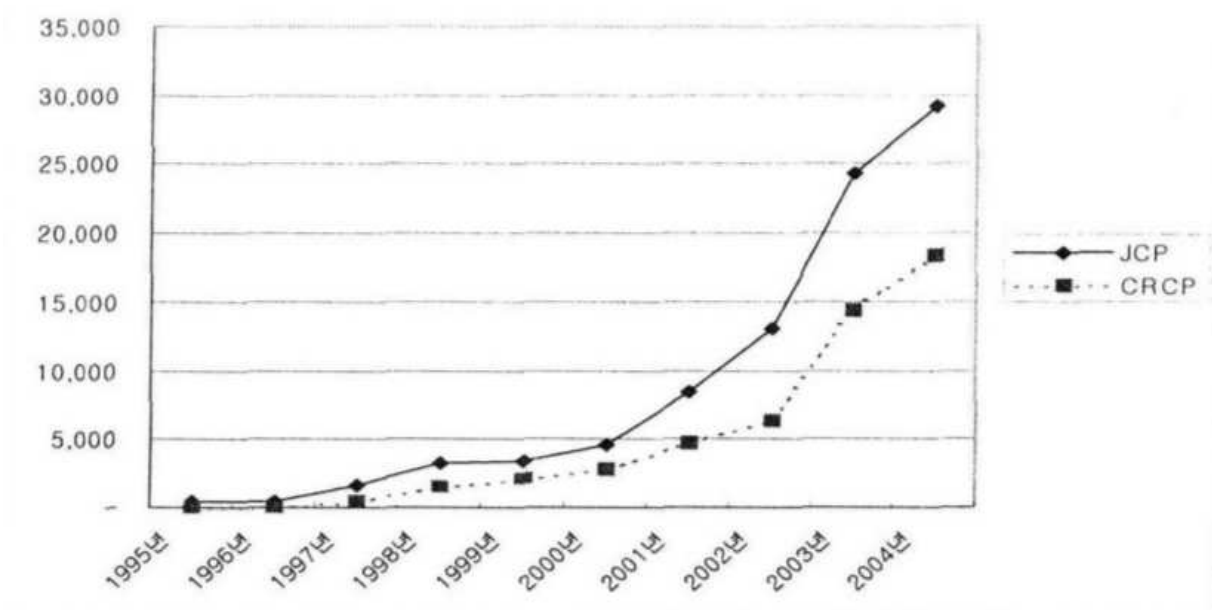
(나) 기존기술의 문제점

- 국내 고속도로에 대부분 적용되고 있는 JCP포장의 경우 불연속적인 줄눈으로 인해 주행쾌적성이 불량하고 교통소음이 크게 발생하여 이용자의 불만을 야기하고, <그림 1.1>에서와 같이 균열을 유도하기 위해 설치된 가로수축줄눈부에서 동결융해 및 줄눈탈리 등으로 인한 스폐링(Spalling) 및 균열 현상 등이 조기에 발생되고 있어 공용성에 취약한 상태이며, JCP포장은 줄눈보수가 잦으며, 줄눈보수시 교통차단에 따른 교통지정체등의 사회적 간접비용이 급격히 증가하는 추세이다.



<그림 1.1> JCP 파손 전경

- 국내의 경우 중부고속도로 CRCP포장이 20년 공용이 이루어진 시점(2006년)에서 인접 구간에 위치한 줄눈콘크리트 포장의 유지보수 횟수가 CRCP포장 보다 1.3배 더 많은 것으로 조사되었으며 유지보수 비용 또한 1.59배 더 많이 소요된 것으로 조사되었다.(안성준, 2006)



<그림 1.2> 포장형식별 km당 누적 포장 보수비(단위: 천원/km)

- 1987년과 2001년 각각 개통한 제1,2 중부고속도로의 경우, CRCP포장과 JCP포장으로 이루어져 있으며 동일구간에서 같은 환경조건과 유사한 교통하중 조건 그리고 같은 관리 조건하에서 공용되었으나 <그림 1.3>(2012년 9월 추정)에서 확인할 수 있는 바와 같이 JCP 포장의 줄눈부 유지보수가 상당부분 이루어진 반면 CRCP포장의 경우 유지보수 없

이 우수한 공용성을 보여준다.

- 그러나 국내에서 연속철근 콘크리트포장(CRCP)은 시공초기의 자연발생적인 횡방향 균열에 대한 거부감과 상대적으로 초기 시공비용이 많이 소모되는 점, 그리고 포장전 철근의 조립과 <그림 1.4>와 같이 포장도로 측면에서 많은 작업공간이 요구되는 등 시공이 다소 까다로운 단점으로 인해 사용실적이 미비하였다.
- 또한, 콘크리트 타설 시 콘크리트에 의해 철근이 휘거나 제 위치를 잡지 못하는 경우가 발생하여 포장의 공용성을 저하시키는 요인이 되었다.



<그림 1.3> 중부선 포장별 상태비교



<그림 1.4> 음성-충주간 고속도로 CRCP시공전경

3. 연구개발 범위

- 본 개발 공법의 경우 기존공법(CRCP)가 갖는 문제점을 개선하여 보다 나은 시공성과 경제성을 목표로 개발하였다. CRCP의 경우 콘크리트 측면 공급의 문제로 국내지형여건에 적용성이 현저히 저하되어 이에 대한 대안으로 기계식 배근방법을 연구하였으며, 아래의 문제점들을 해결하는 방향으로 연구를 진행하고자 한다.

가. 국내 도로포장의 문제점 해결

- 국내 시멘트 콘크리트 포장은 대부분 JCP포장을 적용하고 있으나 잦은 유지보수로 인해 유지보수비용 및 사용자 비용이 증가한다. 포장 공용성 증대를 위하여 JCP포장 위주에서 벗어나, 콘크리트 포장의 내구성 저하 원인인 횡방향 줄눈을 제거하여 주행성 및 내구성이 우수하고 덧씌우기 등 보수가 용이하며 총생애주기비용을 고려하여 경제성 측면에서 유리한 CRCP 포장의 확대적용을 위한 시공기술 개발 및 사업화를 하고자 한다.

나. 기존 포장공법의 시공성 해결

- 기존 CRCP 포장은 철근배근작업으로 인해 추가인력 투입과 시간이 요구되고, 철근 배근으로 인해 콘크리트 공급을 위한 장비를 위치할 수 있는 추가 작업공간이 요구되어 시공성 측면에서 개선이 필요하다. 이에 장비개발을 통해 교량 및 터널, 상하행 분리구간으로 이루어진 도로 등에도 적용이 가능한 시공기술을 확보하여 CRCP 포장공법의 시공성 개선을 이루고자 한다.

다. 구조적 성능 향상

- 과거 해외의 기계식 철근 배근 사례의 경우 철근이 휘거나 위치를 이탈하며 정위치를

확보하지 못하는 문제점을 가지고 있었으나 본 사업화 연구기술은 이러한 문제점을 해결하여 CRCP공법의 구조적 성능을 향상시키며, 기존의 기계식 배근방법의 문제를 해결하여 구조적 안정성 향상을 통해 콘크리트 포장의 기술발전에 기여하고자 한다. 또한 기존 방식의 문제점인 철근배근문제를 철근배근장치와 콘크리트의 안정적인 공급(호퍼) 장치를 통해 요구위치에 배근될 수 있도록 한다.

- 기계식배근의 경우 국외의 적용사례에 문제점이 있어 이를 개선하는 방향의 연구가 진행되며, 슬립폼페이퍼, 철근유도장치, 스프레더 장비의 일체화를 통해 포설, 유도배근, 콘크리트 타설 공정을 하나로 일체화 시켜 단순화 시킴으로써 포설효율을 5~10%이상 향상시킬 수 있도록 할 것이다. 더불어 종방향 철근의 정위치 배근을 위해 스티어링 시스템을 도입하여 센서를 통한 정밀시공이 가능하도록 하며, 철근이음방안에 대해 자동/반자동의 기계식 이음방안을 개발하여 철근이음에 대한 효율을 50% 가량 향상시키고자 한다.
- 그리고 모의/시험시공을 통해 장비운용의 문제점 해결과 안정적 철근배근 여부확인, 콘크리트 품질확인을 실시하며, 장단기 모니터링을 실시하여 구조적 안정성을 검증한다.
- 이러한 연구내용에 대하여 연구기간동안 다음과 같이 연구를 수행할 것이다.
- 1차년도 연구 수행 내용은 다음과 같다.
 - 기준에 적합한 품질확보를 위한 연구
 - 파손별 보수방안을 통해 유지보수지침서 개발
 - 콘크리트 공급/철근유도/포설에 작업을 수행할 수 있는 일체화장비 개발
 - 모의/시험 시공을 통한 현장적용성 확인
 - 공법과 장비개발 이후 사업화를 위한 지식재산권 출원
 - 학술대회 및 논문 게재
- 2차년도 연구 수행 내용은 다음과 같다.
 - 1차년도 모의시공 결과를 통하여 공법 및 장비를 개선하며, 시공현장의 추적조사를 통해 종방향 철근의 정위치 여부 확인 등 구조적 안정성 검토
 - 모의/시험 시공을 통해 Full-setting 장비의 시공성 검증
 - 모의/시험 시공 시 현장조건에서의 포장 거동 분석을 실시하며 또한 각 장치 통과시 콘크리트 품질변화를 확인하여 품질향상
 - 시험시공 이후 피드백을 통해 장비 운용안, 시공방안(시공 시방서)등에 대한 최적안 제시 (적정 진동회전수, 진행속도, 콘크리트 공급물량 등)
 - 현장적용에서의 품질평가 및 포장거동분석, 시공성 등을 통해 사업화 기틀마련
 - 학술대회 및 논문 게재
 - 지식재산권 등록
 - 실제현장 시공적용을 통한 현장 적용성 평가
- 최종적으로 시공성, 현장적용성, 경제성 등을 확보하여 사업화를 추진하고자 한다.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 기술 동향

가. 국내의 기술 동향

- 최근 국내의 도로 포장은 아스팔트 콘크리트포장과 시멘트 콘크리트 포장이 노선허성 및 포장형식의 정량적, 정성적 요인을 고려하여 포장형식을 선정하여 시공이 이루어지고 있으며, 고속도로의 경우는 중차량 구성비, 유지관리성, 이용자의 안전성, 포장의 내구성, 전·후구간의 포장형식 등을 종합적으로 분석하여, 시멘트 콘크리트 포장을 주로 선정하고 있으나, 그중 JCP포장이 대부분을 차지하고 있다.
- 국내의 경우 CRCP포장은 철근조립을 인력시공(Manual Method)으로 적용하여 1985년도에 중부고속도로 약 68km구간에 시공을 실시하여 현재까지 양호한 공용상태이나, 높은 초기공사비와 자연발생적인 횡방향 균열의 부정적인 인식으로 인하여 이후 추가 시공이 이루어지지 않았다.
- 그러나 포장 공용성 증대를 위해 종래의 JCP포장 위주에서 벗어나, 가로수축 줄눈이 없어 주행성 및 내구성이 우수하고 덧씌우기 등 보수가 용이하며, 총생애주기비용(이하 'LCC' : Life Cycle Cost)를 고려한 경제성 측면에서 유리한 CRCP포장의 적극적 확대를 고속도로 시공시 계획하고 있으며, 일반국도 시공에 있어서도 한국형 포장설계법을 감안한 CRCP포장의 확대를 추진하고 있다.
- 고속도로의 경우 <그림 2.1>에서와 같이 음성-충주간 고속도로에 2차로 도로로 연장 500M를 시험시공으로 시행하였고, 시공성에 대하여 평가 후 확대시공 할 계획으로 진행 중이다.
- 일반국도에서도 또한 CRCP와 JCP의 시험시공을 통한 공용성 및 내구성에 대하여 비교 평가하여 확대시공을 계획 중이다.



<그림 2.1> 음성-충주간 고속도로 CRCP 시공 전경

나. 국외의 기술 동향

- 미국 FHWA(Federal Highway Administration)의 보고서에 의하면 미국 35개주 이상에서 CRCP포장을 사용하고 있으며, 중차량 비중 및 교통량이 많은 구간에 적용하는 수가 늘어나는 추세이다.
- 미국 주별 CRCP포장의 경우, <표 2.1>의 설계기준을 적용하여 시공하고 있다.

<표 2.1> 미국 주별 설계기준(한국도로교통연구원, 2011)

구 분	Illinois	Oklahoma	Oregon	South Dakota	Texas	Virginia
두 겹 (cm)	25.4	22.9~30	20~30	20~28	20~38	25.4~28
철근비 (%)	0.7	0.71~0.73	0.6~0.7	0.7	0.7~0.8	0.7
철근깊이 (m)	9	Mid-slab	10	7.6~10	Mid-slab	Mid-slab (+/-1.3)

- 국외 CRCP포장은 철근배근 방법에 따라 두 종류로 구분 할 수 있다. <그림 2.2>와 같이 인력을 통한 철근 받침대, 횡방향 철근, 종방향 철근을 배근하는 인력 배근방법(Manual method)이고, <그림 2.3>과 같이 미국 1970년대 초반에 시작된 Tube Feeding 장치를 이용하여 철근을 관으로 유도하여 철근을 배근하는 기계식 배근(Mechanical Placement Method.)방법이 있다.
- 기계식 배근 방법은 철근 배근위로 덤프트럭이 진입하여 콘크리트를 공급하여 시공하여 철근 겹이음부의 손상이 발생하였고, 포장상부로 철근배근이 부정확하게 위치하여 피복두께의 저하를 가져와 파손이 발생하는 문제가 발생하였다. 이로 인해 80년대 초반 이후 Tube Feeding을 이용한 기계식 배근 방법에 의한 시공은 더 이상 이루어지고 있지 않은 실정이다.



<그림 2.2> 인력방법 시공전경(미국)



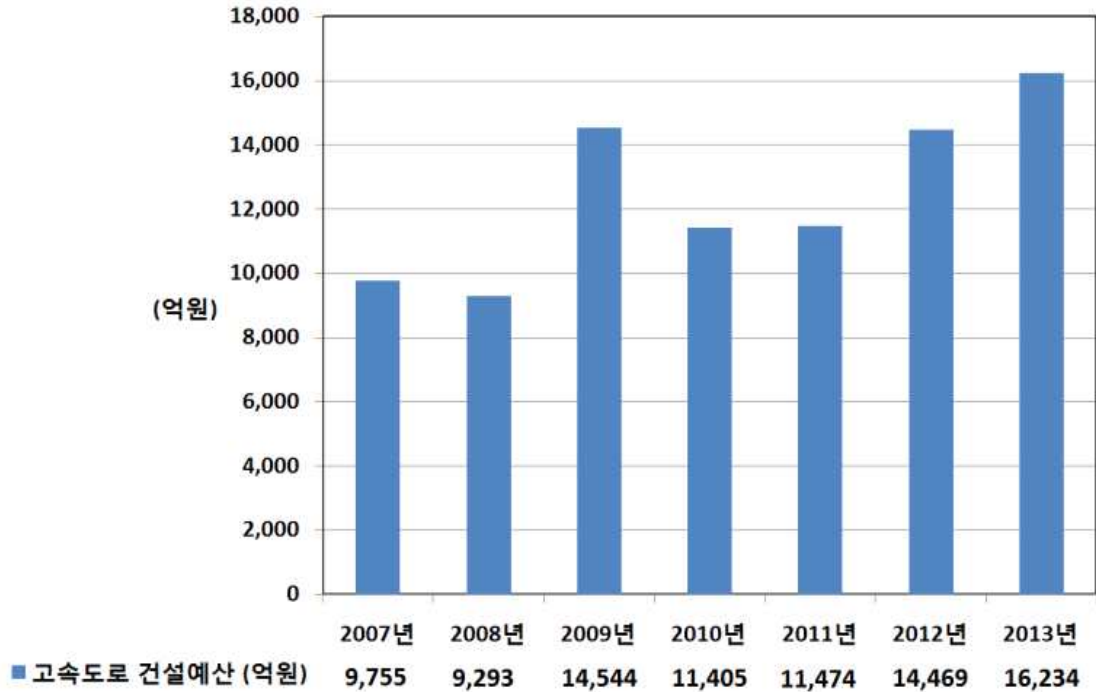
<그림 2.3> 기계식 방법 시공전경(미국)

2. 국내 · 외 시장현황 및 사업화 전망

가. 시장현황

- 본 공법이 적용되어질 수 있는 도로건설계획을 조사한 바에 따르면, 국가 간선도로망 계획(2000~2019)이 잡혀 있으며 향후 꾸준한 신설도로 포장 시장이 존재한다.
- 국내 고속도로 건설예산은 <그림 2.4>와 같으며 2010년에는 감소되는 양상을 보였으나 2012년엔 1.4조원과 2013년엔 1.6조원 이상의 예산이 편성되어 앞으로도 꾸준한 신설포장의 시장을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.(도로업무편람,2013)

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년
고속도로 건설예산 (억원)	21,906	21,040	14,450	17,020	14,544	13,729	10,310
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
	9,755	9,293	14,544	11,405	11,474	14,469	16,234



<그림 2.4> 국내고속도로 건설예산

<표 2.2> 국내 도로 현황

(단위 : km, 구성비 : %)

구 분		총 계	고속도로	일반국도	특·광역 시도	지방도	시도	군도
합 계	합계	80,642,167	3,367,797	13,466,830	17,998,925	14,652,252	17,149,564	14,006,799
	비율	100	100	100	100	100	100	100
아스팔트 포장	소계	69,274,476	1,244,270	13,318,923	11,193,984	14,530,572	16,378,171	12,608,556
	2차로	50,676,569	115,960	7,087,152	6,796,172	13,175,461	11,059,053	12,442,771
	4차로 이상	18,597,907	1,128,310	6,231,771	4,397,812	1,355,111	5,319,118	165,785
	비율	85.9	36.9	98.9	62.2	99.2	95.5	90.0
콘크리트 포장	소계	11,367,691	2,123,527	147,907	6,804,941	121,680	771,393	1,398,243
	2차로	9,114,591	38,800	38,690	6,751,865	121,680	765,313	1,398,243
	4차로 이상	2,253,100	2,084,727	109,217	53,076		6,080	
	비율	14.1	63.1	1.1	37.8	0.8	4.5	10.0

- 간선도로망(7×9) 구축계획(2011~2020)이 진행 중이며, 이를 바탕으로 도로포장 건설 시장은 지속적으로 유지될 것으로 판단된다.
- 국내도로 건설계획의 경우 국토간선도로망 뿐만 아니라 수도권, 대도시권 등의 꾸준한 계획이 수립되어 있어 본 개발 공법의 시장진입 시 긍정적으로 작용할 것으로 판단된다.

<표 2.3> 도로망 구축 및 개선 추진

구 분	연장(Km)	완공	비 고
국토간선도로망 구축 (7×9)	6,523	2020	· 민자포함 · 2012년 4월 기준: 4,000km
수도권 고속도로망 구축 (7×4+3R)	686	2020	· 민자포함 · 제2외곽순환, 제2경부
대도시권 교통혼잡도로 개선 추진	136	2014	
중급 도시권 국대도 사업 추진	243	2014	
계	11,508		· 전체 10만5천km 도로망 구축

- 고속도로공사 발주계획을 살펴보면, 2012년에 590여km의 고속도로가 발주되었으며 2020년까지 시공이 이루어 질 것이므로 당 구간들의 설계와 시공 시 본 개발 공법을 원활하게 적용하여 시공할 수 있을 것으로 판단된다.

<표 2.4> 고속도로 발주계획

노 선 명	연장(km)	공사기간	비 고
함양-울산	130.8	2012~2018	
제2외곽(김포-포천)	210	2012~2020	
제2서해안	66.4	2012~2018	
대구순환	81.1	2012~2018	
광주순환	102	2012~2018	
제2 영동고속도로	56.95	2011~2016	
총 계	647.25		

- 또한 제4차 국토종합계획 수정계획(2011~2020)을 살펴보면 지방 특성을 고려한 고속국도화 사업이 예정되어 있으며 최근 국도건설의 경우 고속도로와 마찬가지로 중하중 교통에도 내구성이 우수한 콘크리트 포장 시공 적용이 증가하고 있는 추세이다.

<표 2.5> 제4차 국토종합계획(2011~2020)

구 분	내 용
제4차 국토종합계획 수정계획 (2011~2020)	충청내륙 고속화도로의 건설
	대전~당진간 고속국도 연장
	서남해안일주도로(일반국도 77호선) 건설
	- 국가기간교통망의 조기 확충으로 국가균형발전 및 국가경쟁력 강화 - 동서 5축(영주~울진), 동서 6축(상주~안동~영덕), 남북 6축(영천~청송~양구), 남북 7축(울산~포항~영덕~삼척) 간선도로망 건설
	88올림픽고속도로 확장, 대구(포항)~새만금 고속도로 건설 추진
	- 광역교통망 확충 및 30분대 기간도로망 구축 - 동서고속도로, 동해고속도로, 제2영동 고속도로 건설 추진 - 중앙고속도로 철원 연장 및 구리~포천간 민자고속도로 철원 연장, 강화~고성간 고속도로 검토

- 2012년 한국도로공사 설계처에서 <그림 2.5>와 같이 “포장공용성 증진을 위한 연속철근콘크리트포장 확대적용 계획(한국도로공사 설계처, 2012.9)”을 계획하였으며 향후 시장의 확대가 예상된다.

“빠르고 쾌적하고 안전한 교통서비스”

팀 장	처 장	본부장

등록번호	4791-2012
보존기간	
결재일자	2012. 10. 10
공제구분	공 제

건설처장 : _____

도로교통연구원장 : _____

포장공용성 증진을 위한
연속철근콘크리트포장 확대적용 계획

2012. 9

설계기준팀장 : _____

구조설계부장 : _____

설계처 도로설계팀 **ex 한국도로공사**

<그림 2.5> CRCP확대적용 계획

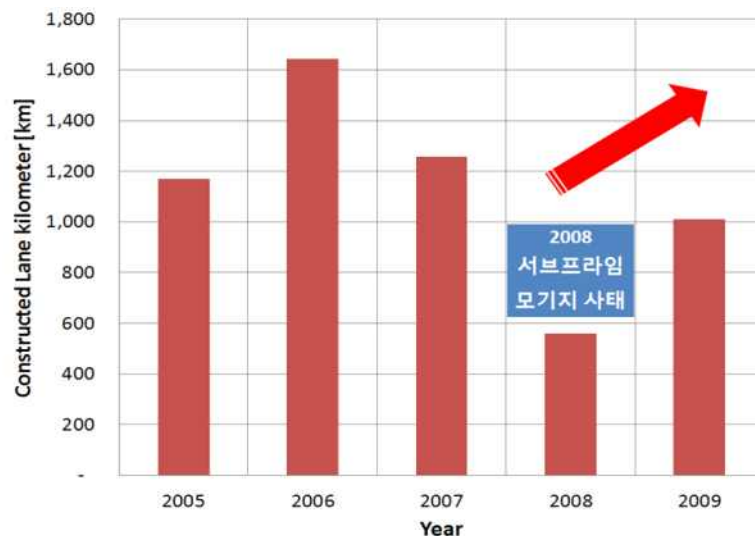
- 국내 고속도로 연도별 건설예산(억원)은 <표 2.6>과 같으며, 2012년 1조 4천억원이다.
- 이중 콘크리트 포장의 시장 규모를 산출해 보면

- 국내 평균 고속도로 건설예산 : 1.43조원
- 포장공사비 비중(약 10%) : 1.43조원 * 10% = 1,430억원
- 콘크리트 포장 시공비중(약 60%) : 1,430억원 * 65% = 930억원

<표 2.6> 고속도로 연도별 건설예산

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	평균 (억원)
고속도로 건설예산	21,906	21,040	14,450	17,020	14,544	13,729	10,310	14,298
	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	
	9,755	9,293	14,544	11,405	11,474	14,469	16,234	

- 국외의 경우 미국 텍사스 한 주만을 살펴보아도 <그림 2.6>과 같은 발주현황이 있음을 확인할 수 있으며,
- 텍사스 한 개 주에서만 연 8~900억원/년 의 예산이 집행되고 있는 실정이다.



<그림 2.6> 텍사스주 콘크리트 포장 공사비 추이

- 해외 시장 중 특히 CRCP가 많이 이용되고 있는 미국 시장의 시공물량을 살펴보면 <표 2.7>과 같다.

<표 2.7> 미국 텍사스 주 연속철근 콘크리트 발주현황(2005-2009)

시공년도	2005년	2006년	2007년	2008년	2009년	합계
발주수량 (yd2)	5,113,560	7,188,256	5,498,285	2,453,509	4,421,771	24,675,381
발주수량 (m²)	4,275,586	1,643,235	1,256,907	560,872	1,010,816	5,640,790

- 국외 CRCP포장의 경우 교통량이 많고 중차량 비중이 높은 구간과 유지보수 비용 절감 및 지정체 최소화를 위해 대도시내 도로구간에 적용하고 있으며, 도심지내 CRCP포장의 경우 국내 사정과 비슷하게 좁은 시공환경에서 시공이 이루어지는 문제점이 발생하게 될 것으로 예측된다.

나. 사업화 전망

(1) 개발공법의 생산특성

- 본 공법에 의해 생산되는 연속철근콘크리트 포장의 경우 현장에서 직접 시공되어 일정한 품질관리 기준을 통과하고 일정기간 양생을 거친 후 이용하는 제품이다.
- 고속도로 2차선 1km를 시공한다고 했을 때(콘크리트 포장만 고려) 콘크리트 12,887㎥ 철근 D19-675.83 ton, D16-10.478 ton 소요된다.
- 1일 시공량은 최소 2차로(8.1m) 기준 360m 시공 가능(약45m/hr)

(2) 기존 장비 활용정도

- PTCP 포장에서 사용하는 사이드 스프레더를 이용하여 철근유도장치에의 콘크리트 공급장치(호퍼)에 안정적으로 콘크리트를 공급할 수 있다.
- 기존 장비 예상 활용정도(10 %)이며, 중앙에서 철근을 뽑지 않고 안정적으로 콘크리트를 공급하기 위해서는 스프레더가 필수적으로 필요하다.

(3) 최종제품의 제품경쟁력 수준

- 국내에서 최초로 개발하여 적용하는 공법이다.
- 기존의 인력으로 철근배근하여 시공하는 연속철근 콘크리트 포장에 비해 가격경쟁력(약 7~10% 저렴)이 있고 시공성능이 우수하다.

(4) 판매계획 및 전략

- 성공적 사업화를 위해서는 연구개발 ↔ 설계 ↔ 시공을 위한 대외 긴밀한 대외 협력 유지와, 우리 회사의 기존 영업망(한국도로공사, 서울시 등)을 최대한 활용함으로써 원활한 사업화를 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

<표 2.8> 개발공법 영업계획

(단위:백만원)

연도별		매출발생 1차년도	매출발생 2차년도	매출발생 3차년도	매출발생 4차년도	매출발생 5차년도
개발 공법	국내	1,000	2,000	6,000	12,000	18,000
	성장율	0	100	200	100	50
	해외	-	-	6,000	24,000	48,000
	성장율	-	-	-	400	200
합계		1,000	2,000	12,000	36,000	66,000

<표 2.9> 공법개발 후 국내·외 주요 발주처 현황

발주처	국가 명	예상 판매기간(년)	관련제품
한국도로공사	대한민국	20년 이상	개발 공법
서울시	“	10년~20년	
지방국도관리청	“	20년 이상	
건설사	“	“	
기타 중소도시	“	10년~20년	
도로교통건설부	중국	20년 이상	
HMAI	인도	“	
울람바타르 市	몽골	“	
도로교통국	미국	10년~20년	

- 1차년도 판매전략은 당사의 기존 사업과 연계성이 높은 고속도로공사를 중심으로 매출 발생 전략을 추진하며,
- 2차년도는 검증된 결과를 활용하여 고속도로, 국도, 지방도에 확대보급 적용하는 전략을 갖고 있다.



<그림 2.7> 국내 영업망도

- 또한 고속성장기 3~5 년차에는 국내 신설도로 뿐만 아니라 공항의 활주로 등 타 분야의 시장진입과 국외 시장 진출을 통한 매출액 증대전략을 가지고 있다.

<표 2.10> 단기, 중기, 장기 전략

구 분	시기	사업화 내용	비고
단기 전략	~2015.1	■ 추가 공법 개발 완료 ■ 공법의 개선 및 안정화 실현 ■ 지적재산권 확보 ■ 국내현장 본격 적용	초창기 단계
중기 전략	2015.1~2016.12	■ 사업화를 위한 공법의 개선연구 지속적 수행 ■ 현장적용 확대 ■ 해외시장 진출 준비	개선화 실용화 단계
장기 전략	2017 이후~	■ 기술적 Know-How, 시공성, 품질안정성 확보 ■ 영업활동 확대 ■ 해외시장 진출	안정화 단계



<그림 2.8> 사업화 Flow

제3장. 연구 수행 내용 및 성과

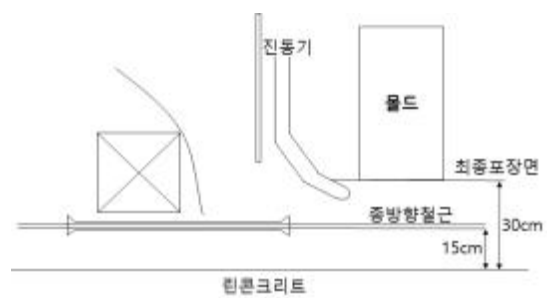
1. 연구개발 내용 상세설명

구분	연구내용	수행과정 및 결과
연속철근 콘크리트포장 공법개발	· 시제품 제작 · 모의시공/시험시공 · 품질기준 정립 · 공사비 비교 · 품질기준 확인 · 장비 매뉴얼 제작 · 전문시방서 · 지식재산권 확보	· 품질기준 정립 및 확인 · 시제품 제작 완료 · 모의/시험시공 완료 · 공사비 비교 완료 · 개발 장비용 매뉴얼 제작 완료 · 개발 공법용 전문시방서 제작 · 지식재산권 확보 완료

2. 시제품의 구조적 성능 확인

가. 슬립폼 페이버 운용기준 산정

- 포장장비인 SP1600의 운용방법이 포장 표면에 모르타르를 과다하게 유도할 가능성이 존재하여 바이브레이터 깊이 및 진동수에 대한 연구를 실시하였다.
- 일반적으로 바이브레이터실의 상부 콘크리트는 바이브레이팅 효과에 의해 굽은 골재의 함량이 작은 모르타르로 이루어지며, 배합 시 재료관리가 불량한 경우 밀도가 낮은 부유 이물질이 상부에 층을 형성함. 이러한 바이브레이터실 상부 불량 콘크리트층이 그대로 최종 콘크리트의 상부 포장층의 취약층을 형성하는 경우가 있었다.



<그림 3.1> 기존 공법의 SP1600 장비운용 <그림 3.2> 개발 공법의 SP1600 장비운용

- 개발공법은 바이브레이터 진동을 최소화하며 재료분리가 발생하지 않는 진동위치 및 진동주파수를 적용하였으며, 이에 슬립폼 페이버 운용기준을 제시하였다.

<표 3.1> 슬립폼 페이버 운용기준

구 분	운행속도 (M/min)	진동위치 (cm)	진동주파수 (VPM)	비 고
M-CRCP	1.0이하	마무리면 5~10 이내	7,000~9,000	

나. 철근의 기계식 이음시 안정성 검토

- 모의시공을 통해 커플러 체결 작업 중 콘크리트와 철근과의 비틀림 현상이 부착성능을 저하시키는지 여부를 확인하였다.
- 현장조건(포설 12시간, 슬럼프 8cm)을 적용한 모의시공 결과 토크렌치의 토크값 100Nm 이상에서도 이상 없이 체결되었으며, 커플러 결합 시 한국수력원자력 시방서(국내에 유일하게 커플러 결합에 대한 기준이 제시되어 있음) 상 결합력(15Nm)의 8배 이상임에도 철근 유동 및 콘크리트 균열이 발생하지 않음을 확인하였다.



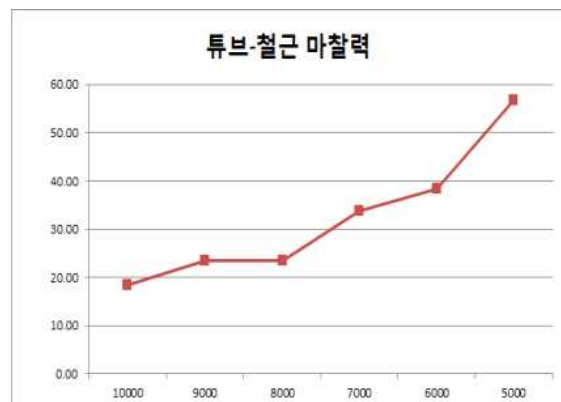
<그림 3.3> 철근의 기계식 이음시 안정성 검토 전경

다. 콘크리트 타설 시 타설 하중으로 인한 철근의 처짐 여부 확인

- 개발공법은 철근유도장치(Tube 곡률에 의한 철근장력<그림 3.5>)을 통해 콘크리트 타설하중에 의한 철근 처짐을 방지한다. 이에 공법개발 시 콘크리트 하중으로 인한 철근의 처짐여부를 확인하였으며 철근침하 방지를 위한 튜브와 콘크리트 공급 낙하위치 및 다짐위치 거리를 최소화 하였다.
- 시험결과 콘크리트 타설 하중으로 인하여 철근에 가해지는 하중을 모사<그림 3.4>하여 적용(등분포 하중적용)한 결과 콘크리트 타설시 적용될 수 있는 최대의 하중을 적용하여도 철근 처짐은 발생하지 않는 것으로 나타났다.
- 또한 콘크리트 타설과 동시에 바이브레이터의 진동으로 콘크리트를 분산시켜 하중이 감소되며 튜브를 통과한 철근은 1차 포설 완료된 콘크리트와 튜브에 의해 지지되므로 콘크리트 타설 하중으로 인한 철근 처짐을 방지할 수 있도록 개발하였다.
- 이를 통해 종방향 철근의 정위치를 확보하여 콘크리트 구조적 안정성을 높였다.



<그림 3.4> 콘크리트 무게 모사 시험



<그림 3.5> 철근과 튜브간 마찰력 시험

라. 구조해석을 통한 곡률반경에 따른 시공성 평가

- 개발공법을 통한 곡선구간 시공 시 곡률반경에 따른 시공가능 범위를 검토하였다. 포장 구간 중 철근의 움직임이 우려되는 곡선구간에서 콘크리트 저항력을 구조해석을 통하여 분석하였다.
- 곡선구간의 기하학적구조(Geometry)를 통해 종방향 철근을 형상화하였으며, AASHTO 설계법에서 확인 가능한 AASHTO분류법<그림 3.7>에 의한 토질분류로 K값을 확인하여 곡선구간 시공 시 콘크리트가 굳기 전 철근의 복원력을 구조해석<그림 3.6>을 실시하였다.
- 검토 결과, 콘크리트의 저항력을 가장 작은 1psi/in로 가정한 값에서도 곡률반경30m 이상일 경우 철근의 움직임은 발생하지 않았다.
- 고속도로 및 고속국도(도로설계편람, 2012)의 최소 평면곡선 반지름 50m보다 작은 값에서도 철근의 형상을 유지하므로 모든 구간에서의 시공이 가능한 것으로 분석되었다.



<그림 3.6> 구조해석 모형

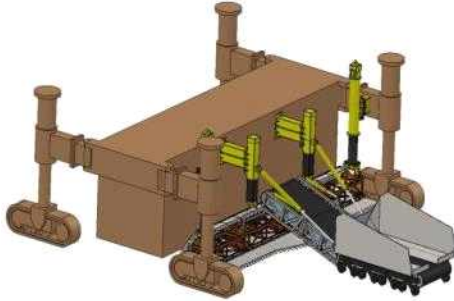
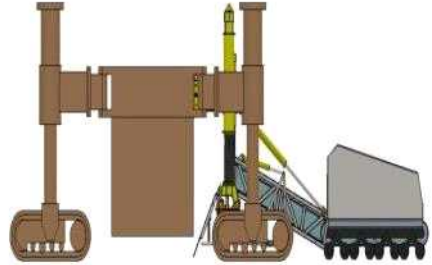
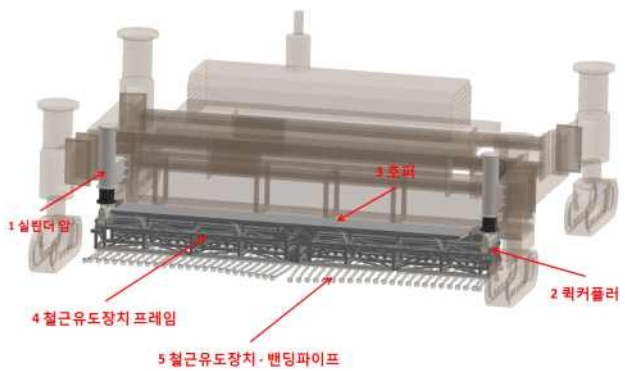
AASHTO class	Soil description	USCS classification	Dry density (lb/ft³)	CBR (%)	soil k value (psi/inch)
Coarse grained soils					
A-1-a, well graded	Gravel	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 - 450
A-1-a, poorly graded			120 - 130	35 - 60	300 - 400
A-1-b	Coarse sand	SW	110 - 130	20 - 40	200 - 400
A-3	Fine sand	SP	105 - 120	15 - 25	150 - 300
A-2 soils (granular materials with high fines)					
A-2-4, gravelly	Silty gravel	GM	130 - 145	40 - 80	300 - 500
A-2-5, gravelly	Silty sandy gravel				
A-2-4, sandy	Silty sand	SM	120 - 135	20 - 40	300 - 400
A-2-5, sandy	Silty gravelly sand				
A-2-6, gravelly	Clayey gravel	GC	120 - 140	20 - 40	200 - 450
A-2-7, gravelly	Clayey sandy gravel				
A-2-6, sandy	Clayey sand	SC	105 - 130	10 - 20	150 - 350
A-2-7, sandy	Clayey gravelly sand				
Fine grained soils					
A-4	Silt	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 - 165
	Silt/sand/gravel mix		100 - 125	5 - 15	40 - 220
A-5	Poorly graded silt	MH	80 - 100	4 - 8	25 - 190
A-6	Plastic clay	CL	100 - 125	5 - 15	25 - 225
A-7-5	Moderately plastic elastic clay	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 - 215
A-7-6	Highly plastic elastic clay	CH, OH	80 - 110	3 - 5	40 - 220

<그림 3.7> AASHTO 분류법

<표 3.2> 현장시공가능 범위 분석

K of Concrete (psi/in)	Maximum Mislocation (mm)				
	R = 15m	R = 30m	R = 50m	R = 80m	R = 100m
1×10 ⁻³	200	90	53	33	26
1×10 ⁻²	57	27	16	9.9	7.9
1×10 ⁻¹	17	8.3	4.9	-	-
1×10 ⁻⁰	5.6	-	-	-	-

<표 3.3> 장비제작 개요

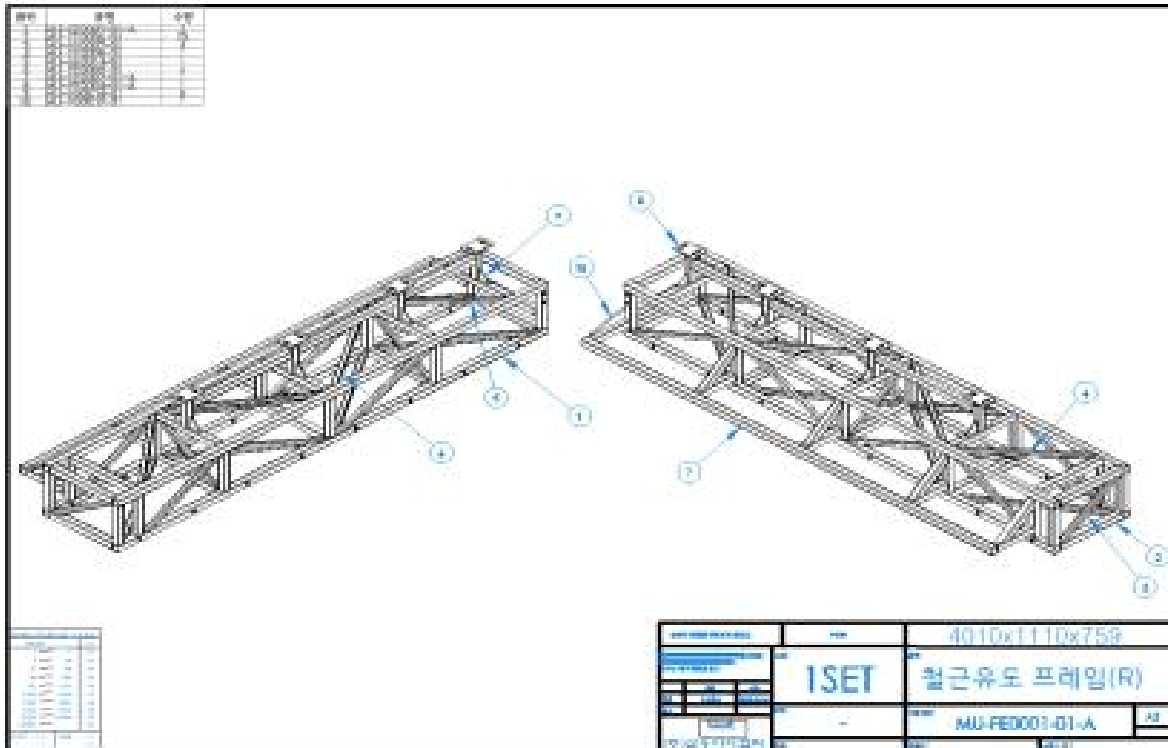
구분	연구내용	수행과정 및 결과
철근유도 및 콘크리트 포설 일체화 장비 개발	- 설계조건에 맞는 철근 배근을 수행할 수 있는 철근유도배근 시스템이 적용된 장비 개발 - 포설장비 및 철근유도장비 일체화 장비 개발	- 철근유도장치개발 - 유도관을 이용한 철근 유도 - 철근고정장치개발 - 유압식, 전자석등을 이용한 철근고정 - 콘크리트 공급장치개발 - 일정한 콘크리트를 공급할 수 있는 장치 - 연결장치 개발 - 각 장치를 본체(PS-60)에 연결하는 장치 - 장비운용안 개발 - 포장두께, 진동회전수 및 진행속도등에 대한 최적안 제시
	 <그림 3.8> 일체화 장비 등각도	 <그림 3.9> 일체화 장비 측면도
일체화 장비 모식도	- 페이퍼와 철근유도장비의 일체화 장비 개발 - 스프레더의 일체화 작업은 모의시공 이후 평탄성 확보여부, 포장상태를 확인한 뒤 2차년도 일체화 연구 수행	MRCP 일체화 장비 - 장치 설명  <그림 3.10> 1차년도 일체화 제작 장비
	 <그림 3.11> 튜브프레임제작	 <그림 3.12> 일체화 제작 전경

3. 일체화 장비 제작 설계

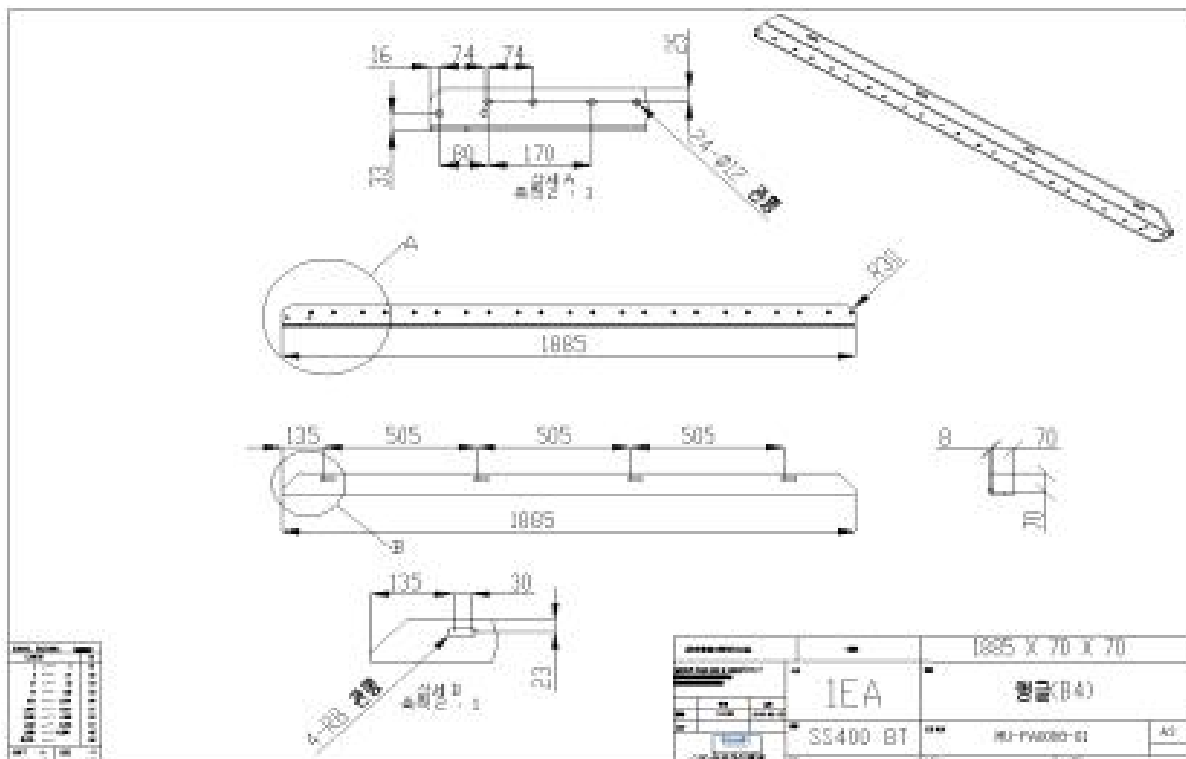
가. 1차년도 일체화 장비 제작

- 1차년도 수행결과물인 일체화 장비제작을 위하여 장비제작 설계를 실시하였다. 이는 당사의 특성상 시공으로 인해 보유장비의 입고가 겨울에 이루어짐에 따라 2/4분기~3/4 분기에 이루어졌다.

(1) 튜브프레임 및 밴딩파이프 제작



<그림 3.13> 튜브프레임 설계



<그림 3.14> 밴딩파이프 앵글 설계



<그림 3.15> 튜브프레임 제작(1)



<그림 3.16> 튜브프레임 제작(2)



<그림 3.17> 철근유도 튜브프레임 입고(1)



<그림 3.18> 철근유도 튜브프레임 입고(2)

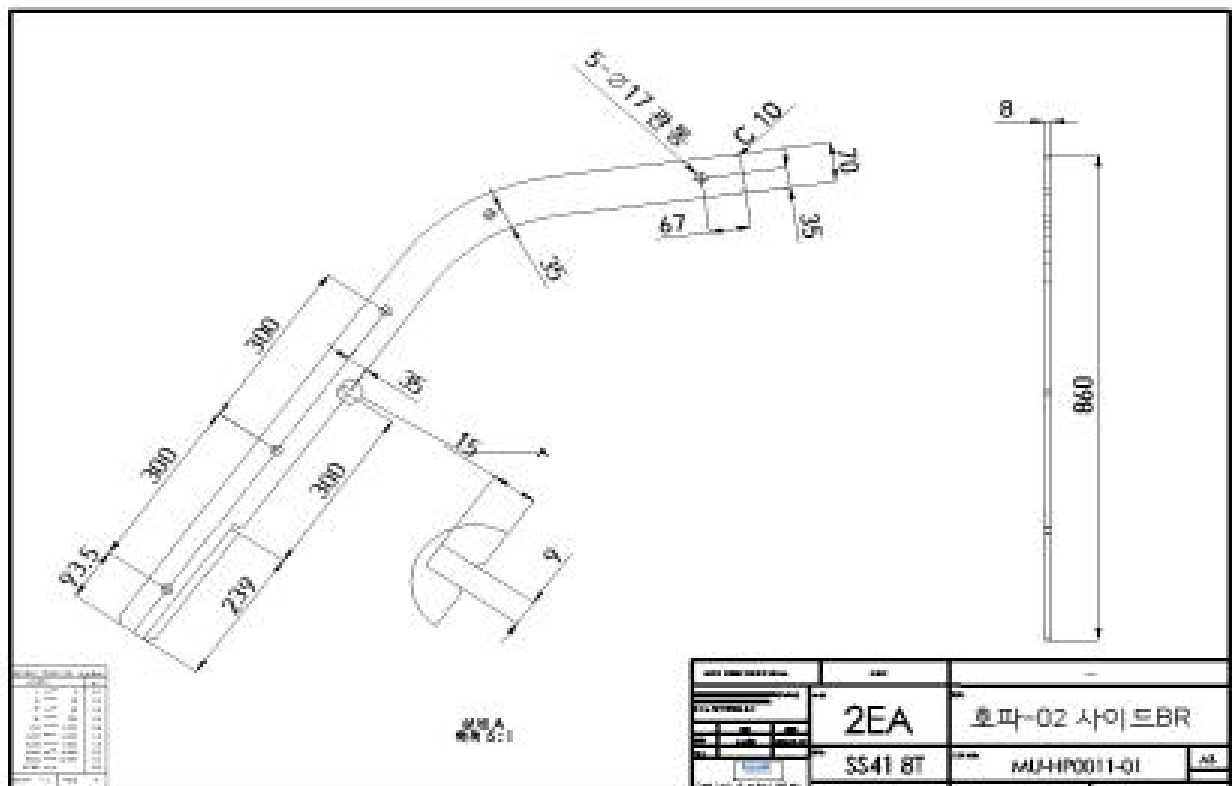


〈그림 3.19〉 튜브프레임 조립



〈그림 3.20〉 튜브프레임 관절부 미세 조정

(2) 호퍼, 플레이서 설계



<그림 3.21> 호퍼 사이드BR



<그림 3.24> 호퍼 제작(3)



<그림 3.25> 호퍼, 튜브프레임 가조립(1)



<그림 3.26> 호퍼, 튜브프레임 가조립(2)



<그림 3.27> 호퍼 브리킷 용접

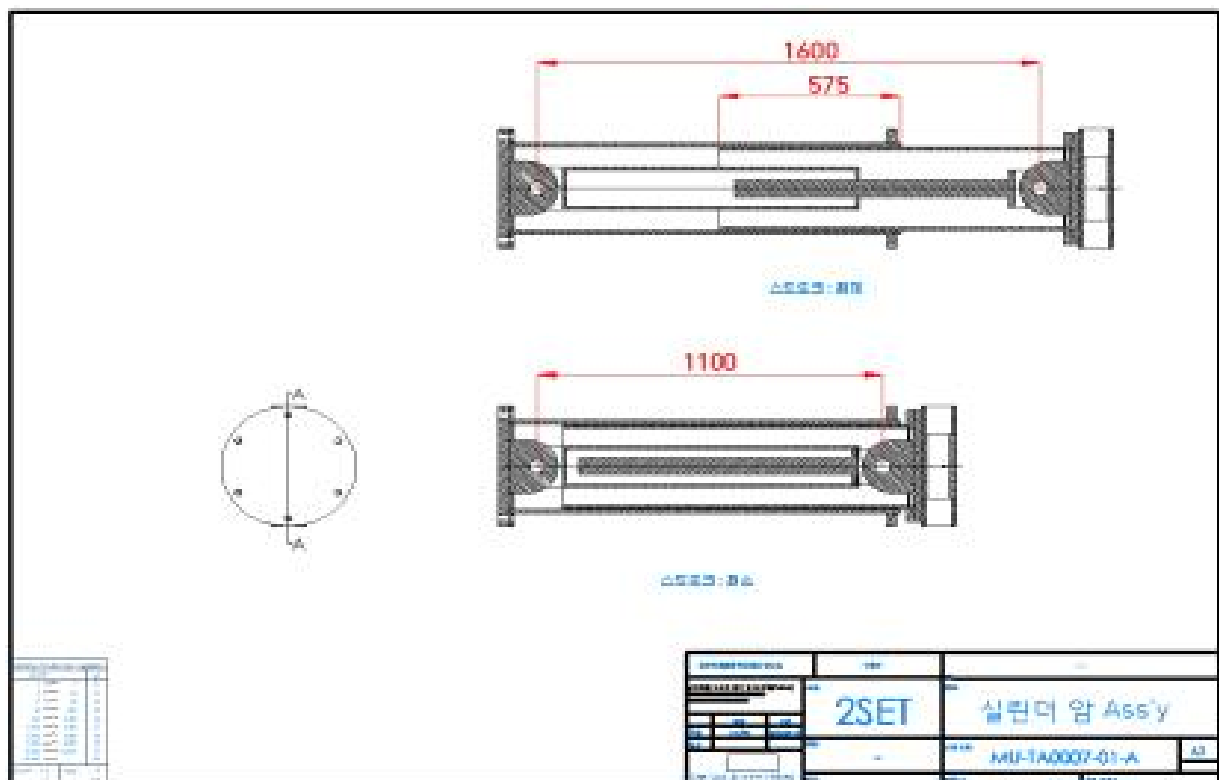


<그림 3.28> 호퍼 덤핑 프레임 제작, 조립

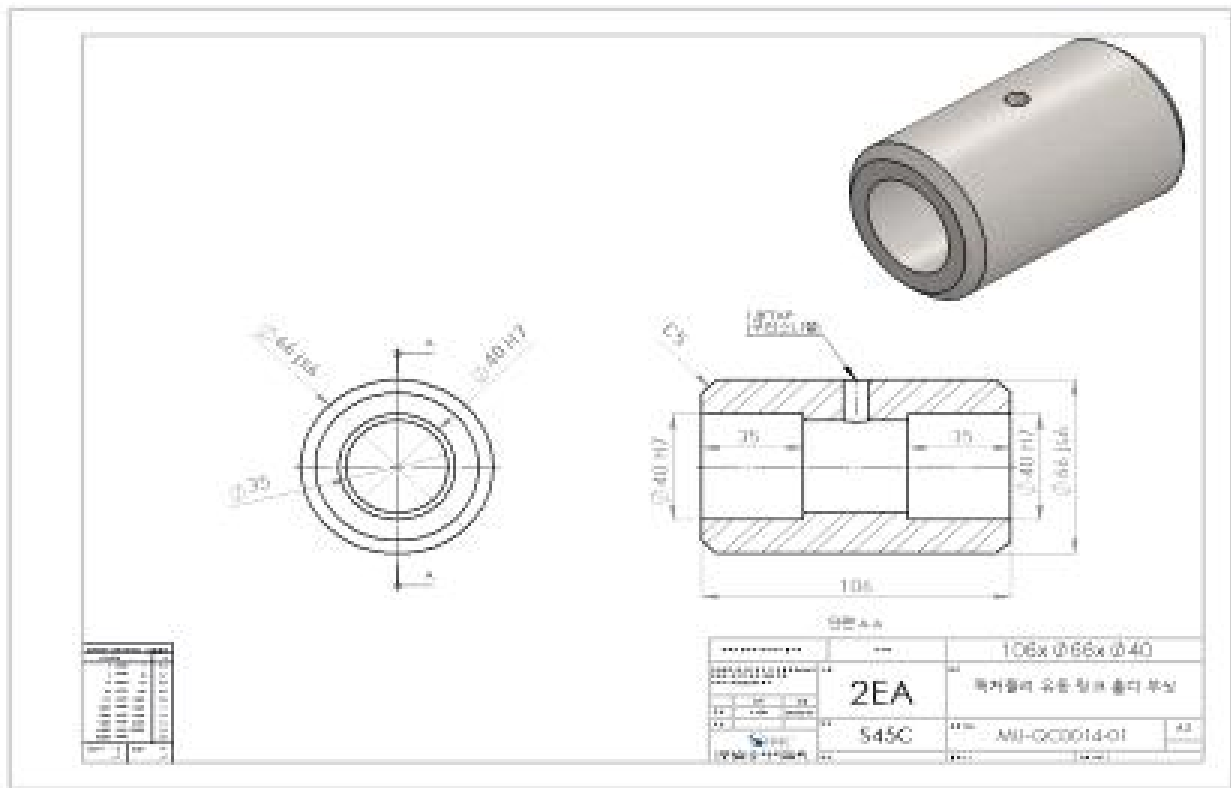


<그림 3.29> 호퍼 조립 준비

(3) 일체화장비 연결프레임 설계



<그림 3.30> 실린더 암 설계



<그림 3.31> 퀵 커플러 설계



<그림 3.32> 퀵 커플러 제작



<그림 3.33> 실린더 암 제작(1)



<그림 3.34> 실린더 암 제작(2)



<그림 3.35> 실린더 암 제작(3)



<그림 3.36> 실린더 암 제작(3)



<그림 3.37> 실린더 암 제작(4)

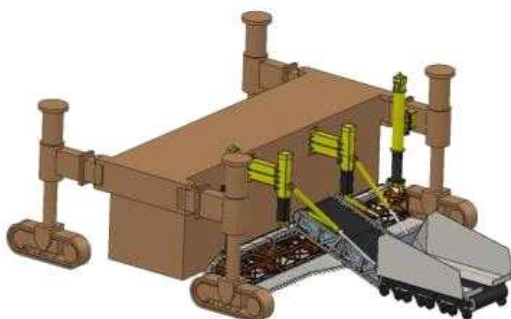


<그림 3.38> 실린더 암 제작(5)

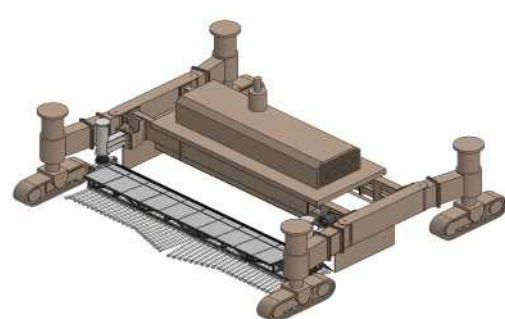


<그림 3.39> 실린더 암 및 부속품 입고

- 일체화 장비 제작은 당사의 장비개발팀에 의해 청원에 위치한 장비개발 연구소에서 진행되었다.
- 당초 제작계획은 1차년도 연구개발기간 동안 슬립폼페이퍼, 철근유도장치, 콘크리트공급장치(스프레더)의 장비일체화를 실시하여 모의시공 후 2차년도에 일체화장비 보완/개선 작업을 하며, 시험시공을 통해 장비 및 공법검증을 실시하는 것이었다.
- 하지만 장비입고 및 제작에 소요되는 기간이 예상보다 길어지면서 1차년도 장비개발 목표 달성이 불가함을 판단하여 1차년도 연구개발기간에는 슬립폼페이퍼, 철근유도장치의 일체화를 구현하고 이를 모의시공을 통해 검증하는 방법을 택하였다.
- 장비개발 시 우려되었던 평탄성 및 시공성 여부를 판단한 뒤 이를 보완하여 2차년도에 콘크리트공급장치(스프레더)의 일체화 및 전자식 스티어링 시스템 탑재를 실시할 계획이다.
- 1차년도 장비제작은 다음과 같이 진행되었다.



<그림 3.40> 당초 1차년도 일체화 장비 등각도



<그림 3.41> 현재 1차년도 일체화 장비 등각도



<그림 3.42> 장비제작전경



<그림 3.43> 장비제작전경



<그림 3.44> 입고당시 슬립폼페이퍼



<그림 3.45> 페이퍼, 철근유도장치 일체화

나. 2차년도 일체화 장비 제작

- 1차년도 모의시공 결과, 발생한 문제점과 계획되었던 스프레더 일체화를 진행하다가 공급 시 마다 잦은 장비의 정지가 이루어져야하는 문제점이 발생하고, 또한 스프레더 일체화 시 콘크리트 공급을 위해 덤프트럭이 스프레더와 접촉 시 발생하는 충격이 페이퍼에 전달되어 콘크리트 포장 면에 영향을 미친다고 판단하였다.
- 이에 2차년도에는 스프레더 일체화에서 계획을 변경하여 스프레더가 일체화 되지 않고도 연구 목표를 달성할 수 있는 방안을 연구하였다.
- 철근유도장치는 스프레더와 일체화되어 스프레더의 동력으로 구동되는 장치로 스프레더 일체화를 진행하지 않음으로 시공 시작과 종료 시 마무리 작업을 위한 공간확보를 위해 철근유도장치의 이동이 필요한 상황이 발생하게 되므로 철근유도장치의 자체적인 동력이 필요하게 되었으며 이에 따라 자체구동장치의 개발/설치가 필요하게 되었다.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 현장에서 원활한 조립/해체 및 철근 영향 최소화를 위하여 미세 전/후진 조정 및 좌우 분리 조정이 가능하도록 설계/제작하였다.
- 기존의 철근 위치를 설정하는 센서는 노면의 위치에 최초 세팅하여 노면에 따라 철근의 위치를 정하여 배근하는 방식으로 노면의 높이가 달라지면 철근의 위치 또한 노면을 따라서 배근되기 때문에 철근의 위치가 변하는 문제가 발생하기 때문에, 노면의 위치가 아닌 센서 라인에 따라 철근이 배근되는 시스템을 제작하여 포장 면에서부터 자동으로 일정하게 배근되는 장치를 제작하였고, 또한 시, 중점 셋팅 및 현장여건에 따른 수동조절 필요에 따라 수동으로 위치를 조절가능하게 만드는 기능을 추가하였다.
- 기존의 타이바 삽입은 페이퍼에서 이루어 졌으나 타이바 삽입 시 골재가 밀리며 생기

는 공간이 모르타르가 매우는 현상으로 인한 포장면의 평탄성과 정위치에 배근되지 못하는 문제를 최소화하여 보다 정확하게 철근이 설계 위치에 시공될 수 있도록 철근유도장치에 타이바삽입장치(TBI)를 설계, 제작하여 장착하였다.

(1) 철근유도장치와 사이드 스프레더 분리

- 1차년도 설계 시 철근유도장치와 스프레더를 일체화하여 제작하였다.
- 하지만 포설을 위해 덤프트럭의 바퀴가 스프레더에 접촉 시 발생하는 충격이 페이지에 전달되어 평탄성 문제가 발생하여 스프레더를 분리하였다.
- 스프레더를 분리하여 덤프트럭에 의한 충격이 페이지에 전달되지 않도록 하여 평탄성을 확보하였다.

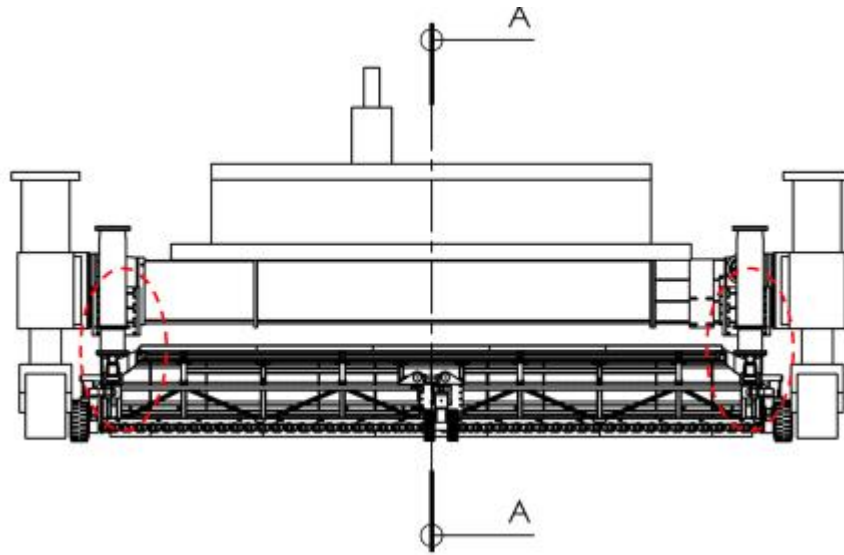
(2) 전자식 스티어링 시스템 개발

- 기존의 철근은 시공시작 시 철근위치를 <그림 3.46>과 같이 보조 바를 이용하여 육안 검측을 통해 철근위치를 셋팅한 후 시공을 실시하고 50m마다 철근의 위치를 확인하며 시공하였다.
- 이럴 경우, 보조기층 영향으로 평탄하지 못한구간의 경우, 포장 포설 두께가 두껍거나 얇게 시공될 경우, 철근의 배근이 상향 또는 하향 배근 될 소지가 있다.
- 이러한 문제를 해결하기 위해 <그림 3.63>과 <그림 3.64>와 같이 포장면의 측량값에 따라 설치된 라인에 센서를 설치하여 최종 포장면에서부터 포장 중심까지 일정하게 철근이 배근/설치 될 수 있도록 하였다.



<그림 3.46> 철근위치 조절

- <그림 3.48>은 철근의 위치를 실시간으로 확인할 수 있는 장치로 원하는 높이에 철근이 배근될 수 있도록 설정하고 자동으로 설정된 위치에 철근을 배근시킨다.
- <그림 3.49>는 철근이 정위치에 위치할 수 있도록 실시간으로 높이를 측정하는 장치로 <그림 3.47>의 좌, 우측 변화시 즉각적으로 실린더가 철근유도장치의 높이를 조정하여 위치를 보정한다.



<그림 3.47> 철근자동배근 장치 전면부(센서위치)



<그림 3.48> 철근 정위치 배근 센서 계기판

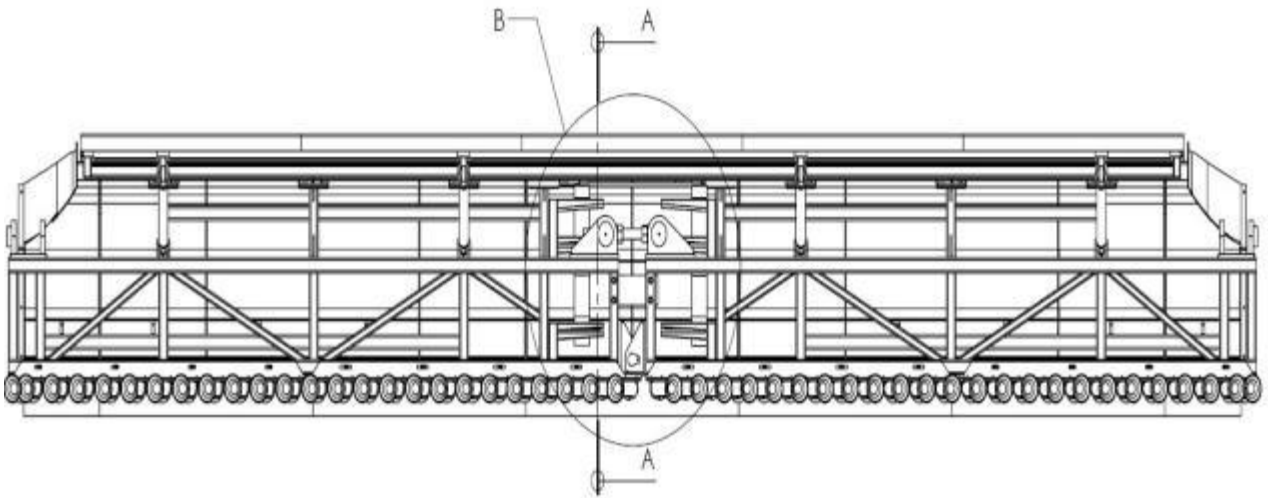


<그림 3.49> 철근 정위치 배근 센서

(3) 타이바 포장 전면부 설치 장치 개발

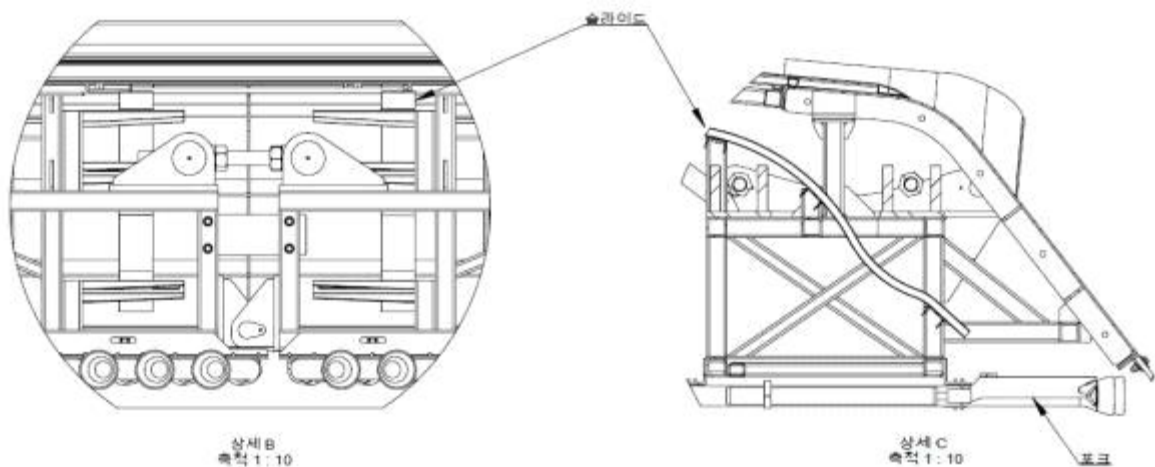
- 타이바 포장 전면부 설치 장치를 개발하여 타이바를 포설이 완료되기 전에 설치한다.

- 타이바 포장 전면부 설치 장치를 <그림 3.50>와 같이 철근유도장치에 설치하였다.



<그림 3.50> 타이바 삽입 장치 위치 도면

- <그림 3.51>의 상세 C에서 타이바는 슬라이드를 타고 <그림 3.52>과 같이 내려오게 되며 <그림 3.53>에서 나타내듯이 포크로 밀어 정위치에 고정 시킨다.
- 타이바를 포크로 밀어 정위치에 고정시킬 때 콘크리트가 포설되어 있어 타이바가 흔들리지 않게 잡아주게 된다.



<그림 3.51> 타이바 삽입장치 확대 및 횡단면도



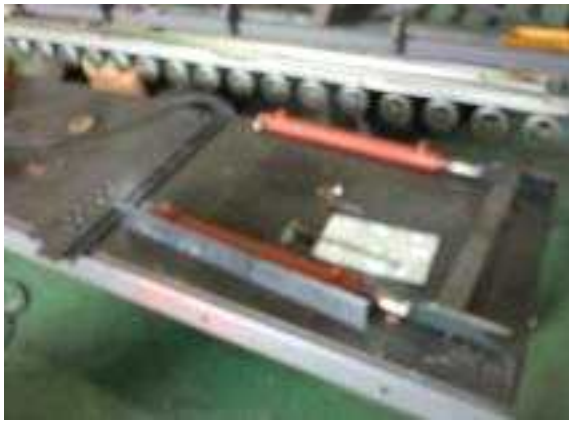
<그림 3.52> TBI 제작 개념



<그림 3.53> TBI 제작완료



<그림 3.54> 타이바삽입장치(TBI) 제작(1)



<그림 3.55> 타이바삽입장치(TBI) 제작(2)



<그림 3.56> 타이바삽입장치(TBI) 제작(3)



<그림 3.57> 타이바삽입장치(TBI) 제작(4)



<그림 3.58> 타이바삽입장치(TBI) 제작(5)



<그림 3.59> 타이바삽입장치(TBI) 제작(6)



<그림 3.60> 타이바삽입장치(TBI) 제작(7)



<그림 3.61> 타이바삽입장치(TBI) 제작(8)



<그림 3.62> 타이바삽입장치(TBI) 제작(9)



<그림 3.63> 타이바삽입장치(TBI) 제작(10)

(4) 자체주행장치 제작

- 기존의 철근유도장치는 자체 동력이 없이 사이드 스프레더에 연결하여 사용하였으나 설계 수정으로 인해 사이드 스프레더와 철근유도장치가 분리하였다.
- 차로폭 내에서 작동할 수 있도록 사이즈 최소화 및 바퀴의 높낮이 조정이 가능하도록 하여 시공 초기와 마무리 시점에서만 지지하여 운영할 수 있도록 하였다.
- 또한 시, 종점에서 운행 시 철근유도장치의 원활한 운행을 위하여 장치 중앙 앞면에 높이 조절이 가능하고 탈착이 가능한 보조 주행용 바퀴를 추가로 설치하였다.
- 이에 철근유도장치에 자체 동력부를 설치하여 필요시 자유롭게 이동가능하게 보완하였다.



<그림 3.64> 자체주행장치 측면부



<그림 3.65> 자체주행장치 자체동력



<그림 3.66> 자체주행장치 제작(1)



<그림 3.67> 자체주행장치 제작(1)



<그림 3.68> 자체주행장치 제작(2)



<그림 3.69> 자체주행장치 제작(3)



<그림 3.70> 자체주행장치 제작(4)



<그림 3.71> 자체주행장치 제작(5)

4. 모의시공

가. 일체화 장비 모의시공

(1) 시공개요

- M-CRCP공법의 사업화 및 국토교통부 기술사업화 과제와 연계하여 M-CRCP 일체화 장비의 시공 기술 개발 연구를 수행하고 있으며 시제품 개발이 완료됨에 따라 장비의 성능 및 공법의 현장 검증(장비 작동 여부, 철근 배근 상태 등)을 위한 모의 시공을 수행하였다.

<표 3.4> 모의시공 개요

구분	연구내용	수행과정 및 결과
시공현장 조사 및 평가	• 모의시공을 통한 장비 작동여부 확인 및 시공성 평가	• 체크리스트 - 장비작동여부확인 - 철근유도여부확인 - 2차로 폭 전체로의 콘크리트 공급 확인 - 철근설치 위치 및 깊이 확인 - 철근 이음상태 확인 - 콘크리트 품질확인 - 거푸집 설치 개선에 따른 시공성 여부
	 <그림 3.72> 시점부 시공	 <그림 3.73> 철근 연결

(가) 공 사 명 : M-CRCP 공법 1차 모의시공

(나) 시공위치 : 청원 기술연구소 부지

(충청북도 청주시 서원구 남이면 연청로 1247-20)

(다) 시공기간 : 2015년 4 월 24 일 ~ 2015년 4 월 30일 (총 7일)

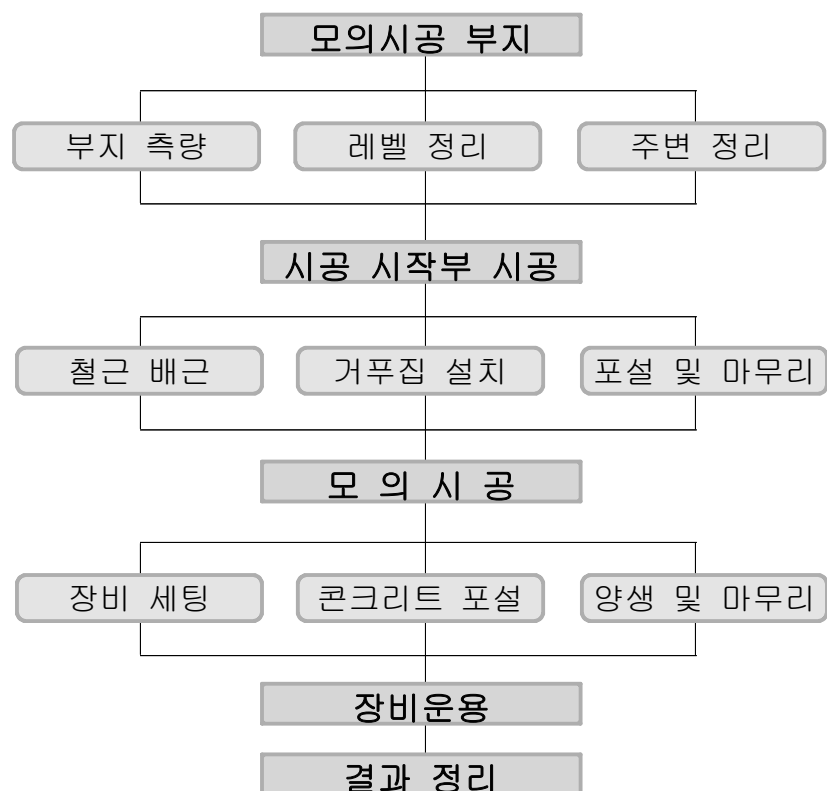
(라) 시공물량

구 분	폭 (m)	연장 (m)	시공면적 (㎡)	포설두께 (cm)	포설량 (㎥)	비 고
모의 시공	8.2	45	369	30	112	

(마) 위치도(폭:8.2m, 두께:30cm, 연장: 45m)



(2) 시공 절차



(3) 모의 시공 추진일정

추진사항	4월												비고
	1	2	~	23	24	25	26	27	28	29	30		
현장준비 (린콘크리트 포설)													
시점부 철근배근 및 포설													
장비 이동 및 조립													
장비 시험가동													
포설													
사후조사													상시

(4) 공정 별 시공절차

(가) 현장 준비 및 린콘크리트 포설

- 모의시공구간에 대한 토공작업 이후 부지측량 및 레벨정리
- 린콘크리트 포설
- 센서라인 측량 및 설치
- 최종 레벨 확인



<그림 3.74> 린콘크리트 포설



<그림 3.75> 모의시공 구간 부지

(나) 시점부 철근배근 및 콘크리트 포설

- 시공 중 최초 1회 공정인 시점부 철근배근 및 콘크리트 포설 실시



<그림 3.76> 시점부 철근 조립



<그림 3.77> 시점부 포설

(다) 장비이동 및 조립

- 페이머 및 철근유도장비의 콘크리트 포설 위치 이동
- 탈부착이 가능한 페이머 및 철근유도장비의 일체화



<그림 3.78> 일체화장비 이동



<그림 3.79> 일체화 장비 전경

(라) 장비 시험가동

- 페이머 및 철근유도장비의 일체화 이후 철근유도장비 및 페이머 작동확인
- 설치된 센서라인을 통한 페이머 움직임 확인



<그림 3.80> 장비 구동 전경(1)



<그림 3.81> 장비 구동 전경(2)

(마) 철근연결

- 철근유도장비 튜브를 관통하는 철근 및 시공구간 철근 연결
- 종방향 철근의 정위치 세팅 확인



<그림 3.82> 시공구간 종방향 철근 연결



<그림 3.83> 종방향 철근 정위치 세팅

(바) 콘크리트 포설

- 시공 중 일체화 장비 작동여부 확인

- 덤프로 운반된 콘크리트의 콘크리트 공급장치(스프레더)를 통한 포설
- 포설 시 장비 진행 및 포설기능 작동 여부 확인
- 틸트 시 철근의 유도형태 확인(철근유도장비 출구부 수평확인)
- 2차로 폭 전체로의 콘크리트 공급 여부 및 작동(상하)여부 확인
- 시공 중 철근배근 위치 및 깊이 확인



<그림 3.84> 포설 전 장비 및 철근배치



<그림 3.85> 콘크리트 포설 전경



<그림 3.86> 일체화장비 운용 전경



<그림 3.87> 시공 중 철근배근 깊이 확인



<그림 3.88> 일체화장비 탈착 후 중점부 마무리



<그림 3.89> 시공완료 전경

(5) 모의시공 결과 및 향후 보완사항

(가) 모의시공 결과

① 철근 배근 깊이 확인

- 포설 진행 중 일정 구간을 선정하여 포장 내 3지점의 철근깊이를 확인하였다.

- 포장 내 3지점은 양측 1.4m 안쪽 2지점과 센터 1지점으로 구성하였으며, 각 지점별 콘크리트를 걷어내어 센서라인에서 철근까지의 깊이를 측정하였음. 이를 통해 포장 상부로 부터의 배근깊이를 확인하였다.

시점부 포장구간	A ①	B ①	C ①	D ①
	②	②	②	②
	③	③	③	③
	<---- 5m ---->	<--- 11.8m -->	<--- 6.2m -->	<--- 6.2m -->

구 분	구 간			
	A	B	C	D
①	14.5	14.8	14.2 14.3	13.0 13.0
②	15.0	14.0	12.0 13.0	11.0 11.5
③	14.5	14.5	14.8 15.7	13.5 14.0

- 철근 배근깊이 확인결과 중앙부와 양측부의 높이차이가 발생하였으며, M-CRCP공법 2차년도 연구수행을 실시하며 보완이 필요할 것으로 판단된다.
- D구간의 경우 타 구간의 비교구간으로 확인하기 위하여 기계식으로 철근유도장비높이를 조절하였으며 그 결과 일정하게 높이조절이 가능함을 확인하였다.

② 콘크리트 공급장치 관련

- 본래 M-CRCP공법 연구과제의 1차년도 추진계획이었던 일체화장비 제작은 콘크리트공급장치(사이드 스프레더)를 포함한 패이버 및 철근유도장비의 일체화를 계획하였으나, 콘크리트 공급장치는 2차년도 제작사항으로 이월시키며 진행하였다.
- 이에 콘크리트 공급장치는 현재 분리되어 운행되고 있으나 콘크리트 호퍼 용량 및 콘크리트 잔량 조절 각도 도입 등의 개선을 실시하였다.
- 모의시공 결과 본 콘크리트 공급장치의 일부 보완이 필요하였으며 이는 다음과 같다.

㉠ 컨베이어 작동 시 콘크리트 낙하 발생

- 컨베이어 벨트를 통해 콘크리트 공급 시 바닥부에 콘크리트가 낙하하여 향후 시공시 지적사항으로 나올 수 있다.
- 컨베이어 벨트 측면부에 고무장착을 통해 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

㉡ 덤프트럭 하차 시 유도원이 콘크리트 잔량 확인 어려움

- 덤프트럭의 콘크리트 하차 시 유도원은 호퍼에 적재되는 콘크리트의 양을 조절해야 하지만 유도원 배치 자리에서는 덤프트럭 내 잔량확인이 어려워 조정이 필요하다.
- 현재 설치되어있는 발판 위치를 수정하여 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

㉔ 타이어 접지부분 폭 수정 필요

- 사이드 스프레더의 호퍼부와 덤프트럭과의 일정거리를 유지시키며 충격을 방지하는 타이어 접지부분의 길이가 길게 확보되어 호퍼 내 콘크리트 잔량이 뒤쪽에 계속 쌓인다.
- 타이어 접지부분 길이를 조절하여, 콘크리트 낙하 위치 조절이 필요하다.

㉕ 콘크리트 공급장치의 하단부 콘크리트 유실 방지

- 슬럼프 10cm이상의 콘크리트 시공 시 스프레더의 관절부에서 다수의 콘크리트가 유실되어 이에 대한 보완이 필요함.



<그림 3.90> 바닥부 콘크리트 낙하



<그림 3.91> 타이어 접지부분

③ 철근유도장비 관련

- 페이버와 철근유도장비의 일체화제작을 통해 기계식으로 탈부착이 가능하게 하였으며, 이를 모니터로 관측하며 정밀도를 향상시켰다.
- 본 모의시공 시 철근유도장비의 기계식 탈부착 및 철근배근 정확성을 확인하였으며 결과는 다음과 같다.

㉖ 철근유도관 끝 고무부분의 출구구멍 크기 조절

- 철근유도관 끝 고무부분의 크기가 협소하여 철근유도장비 높이조절에 따라 철근배근 위치 조절이 원활하지 않았다.
- 철근의 설계위치를 고려하여 철근 유도관 끝 고무부분의 출구구멍 크기조절이 필요할 것으로 판단된다.

㉗ 일체화 링크부분의 크기 및 각도 조절 필요

- 페이버와 철근유도장비의 기계적 결합위치인 링크부분의 경우 모의시공 당시 원활하게 작동되었지만 링크부의 크기에 여유부족으로 인해 정확한 위치조절이 필요하다.
- 링크부의 크기 및 각도를 조절하여 탈부착 시 수월한 작업이 필요하다.

㉘ 철근유도장비의 접지바퀴 길이 및 움직임 조절 필요

- 철근유도장비의 탈착 후 기계적 전진 시 앞으로 쏠리는 것을 방지하기 위한 접지바퀴를 부착하였음. 접지바퀴의 경우 중앙부 철근에 간섭되지 않는 위치로 설치하였다.
- 하지만 종점부의 여유공간 부족 시 접지바퀴가 방해요인으로 작용할 수 있다. 접지바

위의 길이 및 아래로의 움직임도 가능하도록 조절이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 3.92> 일체화 링크부분



<그림 3.93> 철근유도장비 접지바퀴

④ 기타 시공관련

㉠ 지속적인 콘크리트 물량 공급 필요

- 일체화 장비 제작 및 콘크리트 공급장치의 호퍼용량 증대 등 개선에 따라 시공능률 향상을 도모하였지만 배치플랜트의 콘크리트 물량확보가 지연될 경우 시공되는 콘크리트 품질 저하가 우려된다.
- 본 모의시공 당시 콘크리트 물량확보가 지속적으로 이루어지지 않아 일체화장비가 머무르는 시간이 지속되었으며 이로 인해 평탄성 등 콘크리트 품질저하가 예상된다.

㉡ 거푸집 재료개선 필요

- 모의시공 시 제작된 거푸집을 이용하여 시공이음시 시공마무리를 모사하였으며 원활하게 진행되었다.
- 기존의 철근절단 및 잔여콘크리트 수거 등의 작업 없이 종료됨. 40여분의 시간이 소요되었으나 거푸집 재료개선 및 숙련도가 높아진다면 더욱 효과적일 것으로 판단된다.

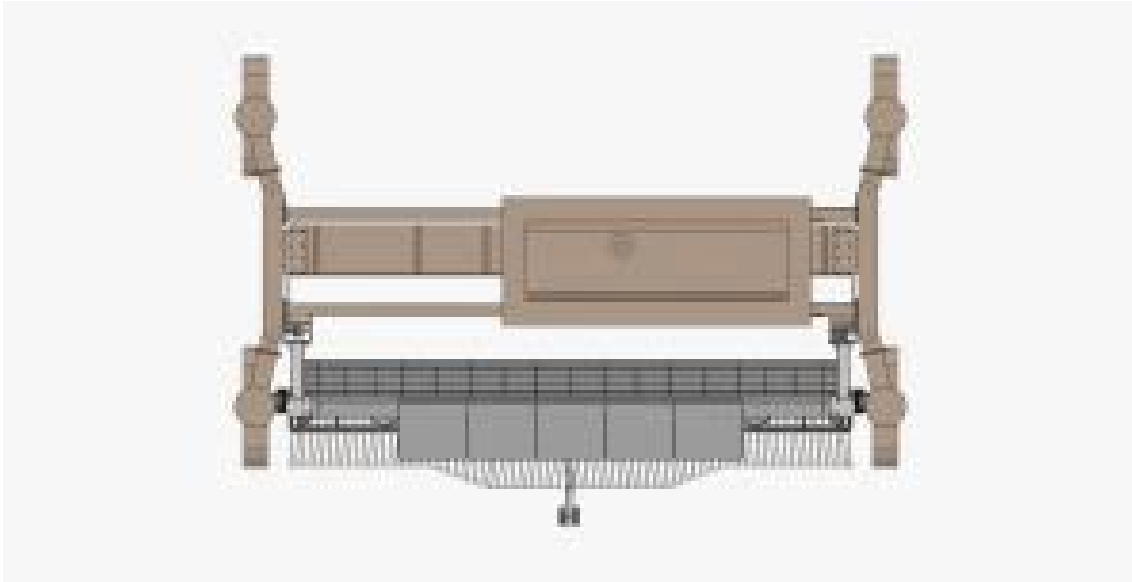
㉢ 철근연결방법 검토 필요

- 본 모의시공 시 철근연결방법을 구분하였으며 그 결과 겹이음2안(타이방식)의 경우 시공 중 철근결속이 해제된다.
- 겹이음1안(용접방식)의 경우 철근결속은 지속되었으나 커플러방식에 비해 철근연결 시간이 많이 소요된다.

5. 3차로 철근유도장치 제작

- 개발 장비의 현장적용은 구리포천고속도로 5공구에서 진행되었다.
- 현장적용(사업화) 구간이 부득이하게 3차로 구간으로 확보되어 연구 막바지 추가 장비 개발을 실시하였다.
- 기존의 철근유도장치는 2차로용으로 제작되어 설계하였으나, 현장적용을 진행한 구간은 3차로(11.8m)로 현재의 철근유도장치로는 시공이 불가하기에 3차로 철근유도장치를 설계하여 제작하였다.

- 기존의 2차로 철근유도장치는 타이바 삼입장치(TBI)가 설치되어 있으나, 중앙에 설치되어 있기 때문에 3차로 철근유도장치는 기존의 타이바 삼입장치(TBI)를 사용할 수 없어 제외하였다.
- 현장 폭과 두께에 맞는 철근비를 계산하여 총 85가닥의 철근이 동시에 배근이 되는 장비를 제작하였다.



<그림 3.94> 철근유도장치(3차로) 평면도

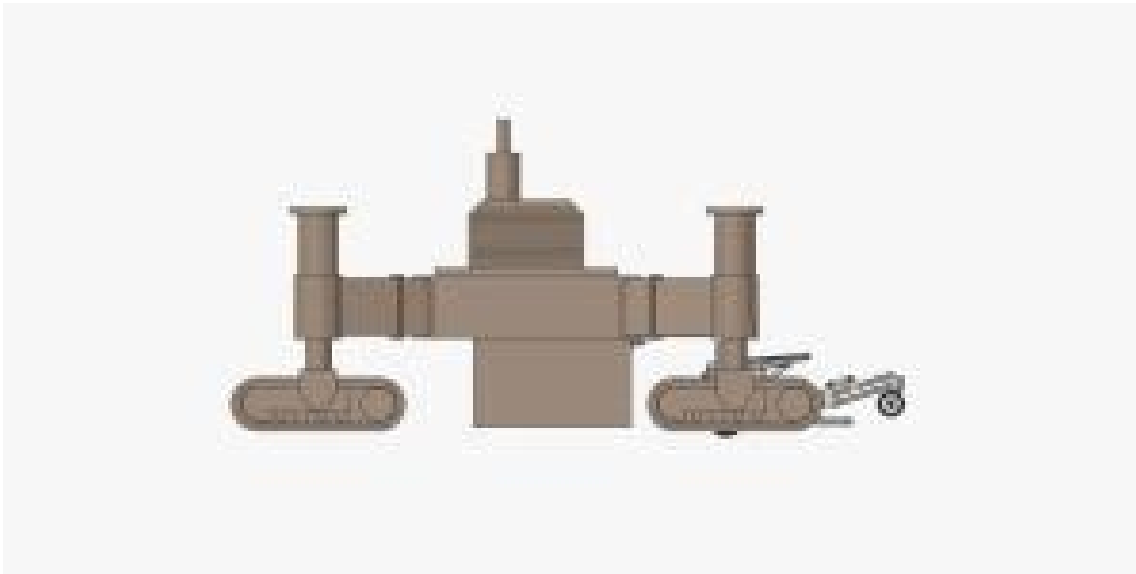


<그림 3.95> 철근유도장치(3차로) 등각도

- <그림 3.94>과 <그림 3.95>는 3차로 철근유도장치의 평면도와 등각도로 철근과 튜브의 마찰력으로 철근의 높이가 일정하게 유지될 수 있도록 설계하였다.



<그림 3.96> 철근유도장치(3차로) 정면도



<그림 3.97> 철근유도장치(3차로) 측면도

- <그림 3.96>과 <그림 3.97>와 같이 철근유도장치는 SP-1600과 일체화하여 구동하며 포설 시에는 <그림 3.97>의 중앙 바퀴가 들린채 SP-1600의 동력으로 움직이게 된다.

6. 시험시공(현장적용)

가. 시공개요

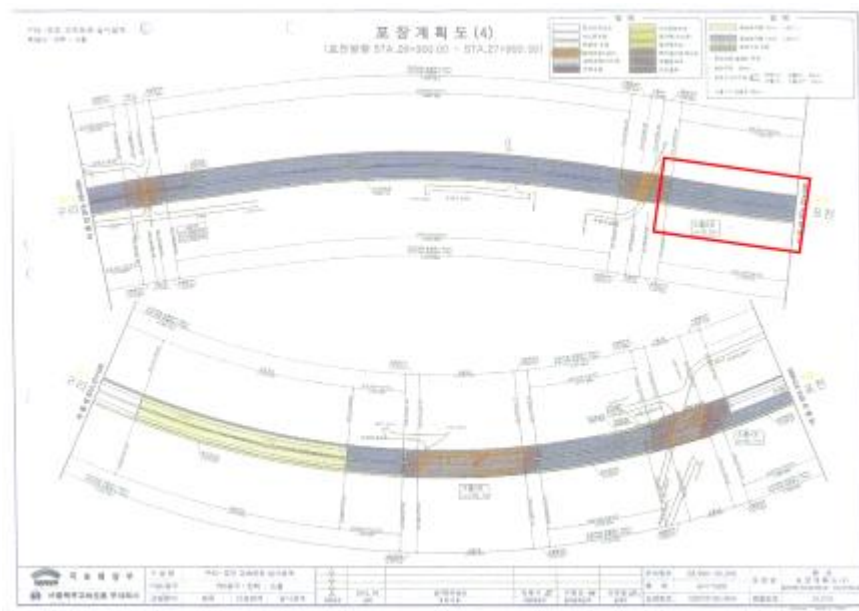
- (1) 공사목적 : 구리-포천 건설사업단 구간 내 연속철근콘크리트포장 신공법 (M-CRCP : Mechanical-placement Reinforced Concrete Pavement)의 현장적용 평가 및 시공을 수행함.
- (2) 공 사 명 : 구리-포천 건설사업단 구간 내 콘크리트 포장
- (3) 공사위치 : 경기도 포천시 소흘읍 인근
- (4) 공사일시 : 2016년 12월 08일

(5) 시공물량 : 461m³(연장: 118.4m(3차로 기준), 폭: 11.8m, 두께: 33cm, 시공면적: 461 m²)

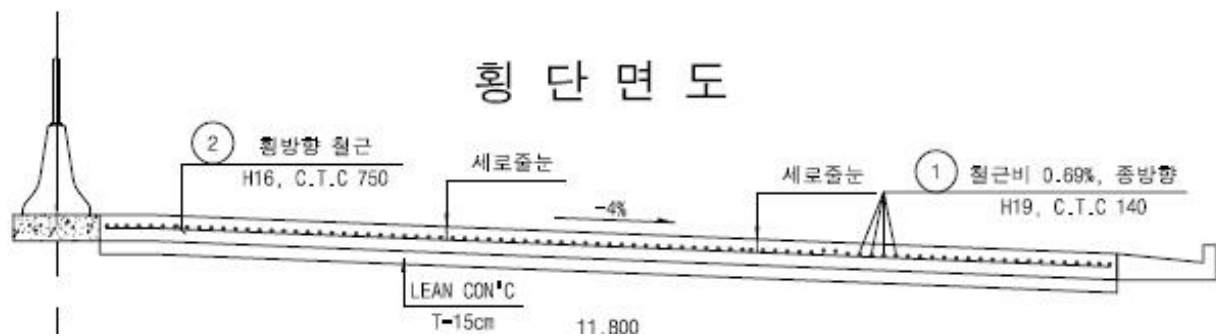
<표 3.5> 시험시공 위치

방 향	대구 방향	비 고
위 치	STA. 26+957 ~ STA. 27+075	
연 장	118.4 m	
폭 원	11.8 m	
두 께	33 cm	

(6) M-CRCP포장 적용구간



<그림 3.98> 포장 계획도



<그림 3.99> 콘크리트 포장 상세 단면도

(7) 시방서

- 시험시공(현장적용) 시 적용한 시방서는 “철근유도장비를 이용하여 콘크리트 설계단면 위치에 연속적으로 종방향 철근을 자동 배근하는 연속철근콘크리트 포장 공사(M-CRCP 공법)” 을 적용하여 시공하였다.

-
- 시방서 : 철근유도장비를 이용하여 콘크리트 설계단면 위치에 연속적으로 종방향 철근을 자동 배근하는 연속철근콘크리트 포장 공사(M-CRCP공법)

1. 일반사항

1.1 적용범위

이 시방서는 기계식 철근 설치에 의한 연속철근콘크리트 포장 공사에 적용한다.

1.2 규격

1.2.1 다음의 제 기준을 적용한다.

- KS F 2401 굳지 않은 콘크리트의 시료채취 방법
- KS F 2402 콘크리트의 슬럼프 시험 방법
- KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작방법
- KS F 2408 콘크리트의 휨강도 시험 방법
- KS F 2409 굳지 않은 콘크리트의 단위용적 질량 및 공기량 시험방법(질량방법)
- KS F 2502 골재의 체가름 시험방법
- KS F 2540 콘크리트 양생용 액상 피막형성제
- KS F 2545 골재의 알칼리 잠재 반응 시험방법 (화학적 방법)
- KS F 2546 골재의 알칼리 잠재 반응 시험방법 (모르타르 봉 방법)
- KS F 2560 콘크리트용 화학혼화제
- KS F 4009 레디믹스트 콘크리트
- KS F 8006 강제틀 합판 거푸집 패널

1.3 제출물

1.3.1 시공계획서 제출

도로공사 표준시방서 1.2.4 절 1.3에 따라 이 절의 공사계획에 맞추어 시공계획서를 작성하여 제출하여야 한다.

1.3.2 다음 사항을 추가로 제출하여야 한다.

- (1) 시방배합 및 시험 포장 계획서

2. 재료

2.1 품질기준

2.1.1 시멘트

도로공사 표준시방서 15-1 절에 따른다.

2.1.2 물

콘크리트 혼합에 사용할 물은 깨끗하여야 하며, 기름, 염분, 산, 알칼리, 당분 기타 품질에 영향을 주는 유해물이 있어서는 안 된다.

2.1.3 잔 골재

도로공사 표준시방서 15-3-1절 2.1에 따른다.

2.1.4 굵은 골재

도로공사 표준시방서 15-3-1절 2.2에 따른다.

2.1.5 혼화재료

도로공사 표준시방서 15-6 절에 따른다.

2.1.6 줄눈재료

도로공사 표준시방서 15-7절에 따른다.

2.1.7 양생재료

도로공사 표준시방서 15-8절에 따른다.

2.1.8 강재

도로공사 표준시방서 15-10, 15-12 절에 따른다.

2.1.9 거푸집 재료

인력포설 구간의 거푸집 재료는 KS F 8006에 맞는 강재로 두께 6 mm 이상, 길이 3m 이하, 폭은 포장두께 이상이어야 한다. 계약상대자는 곡선 구간에 쓰일 거푸집을 미리 준비하여야 한다.

2.2 골재의 입도

2.2.1 잔 골재의 입도는 도로공사 표준시방서 15-3-1절 2.2.1에 따른다. 체가름 시험은 KS F 2502에 따른다.

2.2.2 굵은 골재의 입도는 도로공사 표준시방서 표 10.1 에 따른다.

2.3 재료의 시험 및 승인

2.3.1 시멘트

도로공사 표준시방서 15-1-1에 따른다.

2.3.2 골재

도로공사 표준시방서 15-3-1절에 따른다.

2.3.3. 혼화재료

혼화재료는 공사에 사용하기 30일 전에 시료 및 시험 성과 표를 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.3.4 줄눈재료

계약상대자는 줄눈판과 줄눈주입재의 시료 및 시험성과를 공사에 사용하기 15일 전에 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.3.5 물

물은 기름, 산, 유기불순물, 혼 탁물 등 콘크리트나 강재에 나쁜 영향을 미치는 유해 물질을 함유하거나 바닷물을 사용할 수 없으며, 수질이 의심스러울 경우에는 감독관의 승인을 받아 사용하여야 한다.

2.3.6 피막양생제

계약상대자는 피막양생제의 시험성과를 공사에 사용하기 15일 전에 감독자에게 제출하여 승인을 받아야 한다.

2.4 재료의 저장

2.4.1 시멘트

도로공사 표준시방서 15-1절에 따른다.

2.4.2 골재

도로공사 표준시방서 15-3-1절에 따른다.

2.4.3 혼화재료

도로공사 표준시방서 15-6절에 따른다.

2.4.4 줄눈재료

줄눈판과 주입줄눈재는 창고 안에 보관하거나 적당한 덮개로 덮어서 보관하여야 하며, 편편한 판 위에 놓아 변형하지 않도록 하고 주입줄눈재가 변질되지 않도록 저장하여야 한다.

2.4.5 피막양생제

피막양생제는 동절기에 동결하지 않도록 창고 안에 보관하여야 하며, 이를 사용할 때에는 양생시험을 실시하여 변질여부를 확인한 후 사용하여야 한다.

2.4.6 강재

강재는 창고 안에 보관하던가. 또는 직접 땅에 닿지 않게 받침대를 설치하고 덮개로 덮어서 보관하여야 한다.

2.5 재료의 변경

계약상대자는 재료의 공급원이 변경되었을 경우 신속히 감독자에게 보고하고 승인을 받아야 한다.

3. 시공

3.1 시공 장비

3.1.1 시공일반

시공조건에 맞는 장비의 산정은 콘크리트 포장의 품질 및 작업효율에 막대한 영향을 미치므로 계약상대자는 공사에 사용할 모든 장비의 기종, 기능, 기계 상태, 배치계획, 오염대책 등을 기재한 장비 사용계획서를 제출하여 감독자의 승인을 받아야 하며, 공사현장에 반입하여 사용 전에 감독자의 확인을 받아야 한다.

3.1.2 배치플랜트 (batch plant)

- (1) 배치 플랜트는 잔 골재 및 굵은 골재를 입도별로 계량할 수 있는 계량장치를 구비하여야 한다.
- (2) 벌크시멘트를 사용할 경우에는 계량장치, 빈, 호퍼를 구비하여야 한다. 호퍼는 작업 도중 먼지나 기타 유해물질이 혼합되는 것을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.
- (3) 배치플랜트는 작업 중 점검과 검사를 할 수 있으며, 작업원의 안전을 도모하기 위한 안전장치가 부착되어 있어야 한다. 기타 사항은 도로공사 표준시방서 15-4절 2.5에 따른다.

3.1.3 믹서 (Mixer)

- (1) 포장용 콘크리트는 현장 플랜트 또는 레디믹스트 콘크리트로 공급하거나 일부 또는 전체를 트럭믹서에서 혼합하여 공급하여야 한다. 각 믹서에는 혼합용 드럼의 용량을 혼합콘크리트의 부피로 표시하고, 블레이드의 회전속도를 표시하는 장비 제작자의 표찰은 잘 보이는 곳에 부착되어 있어야 한다.
 - (2) 콘크리트를 혼합할 믹서는 규정된 혼합시간 내에 골재, 시멘트 및 물을 완전히 혼합하여 균질한 혼합물을 만들고, 재료분리가 발생하지 않고 배출할 수 있는 것으로 감독자의 승인을 받은 것이어야 한다.
 - (3) 각 믹서는 드럼에 모든 재료가 완전히 채워졌을 때 배출레버가 자동적으로 잠기
-

고 혼합이 끝났을 때는 열릴 수 있는 승인된 시간조절장치를 구비하여야 하며, 각 배치수를 정확하게 나타낼 수 있는 계수기가 부착되어 있어야 한다.

(4) 각 믹서는 적당한 시간 간격을 두고, 청소를 하여야 하며, 드럼 내에 날이 20 mm 이상 닳았을 때는 수선하거나 교체하여야 하며, 기타 사항은 도로공사 표준시방서 15-4절 2.6에 따른다.

3.1.4 M-CRCP 콘크리트 플레이서 및 스프레더 (placer and spreader)

다져지지 않은 콘크리트를 콘크리트 트럭에서 공급받아 기계식 철근설치 장비로 보급해주는 장비로서, 기계식 철근설치 장비의 전면에 배치되어 콘크리트를 기계식 철근설치 장비에 전 단면에 걸쳐 골고루 공급할 수 있는 기능을 가지고 있어야 한다.

3.1.5 M-CRCP 기계식 철근설치 장비

종방향 철근 및 타이바를 설계도서에 정해진 위치에 설치하기 위한 기계식 설치장비이며, 종방향 철근을 주어진 위치 및 허용된 범위내에 설치할 수 있어야 한다. 또한, 이 장비는 콘크리트를 전 단면에 골고루 퍼줄 수 있는 기능을 가지고 있어야 한다.

3.1.6 슬립폼 페이퍼

슬립폼 페이퍼는 오거 및 스트라이크오프로 콘크리트를 적절한 높이로 깎 후 바이브레이터, 템퍼, 콘포밍 플레이트 (conforming plate), 사이드 플레이트 (side plate)로 다지고, 플로우트, 트레일 폼 (trail-form) 및 에저 (edge)로 마무리 하면서 연속적으로 포설할 수 있어야 한다.

슬립폼 페이퍼는 운행속도 1.0M/min이하, 진동주파수 7000~9000VPM를 준수하여 운영한다.

3.1.7 거친면 마무리기

거친면 마무리기는 설계도서에 따라 마무리 할 수 있는 기능을 갖추어야 한다.

3.1.8 양생제 살포기

양생제 살포기는 전 포장면에 양생제를 균일하게 살포할 수 있는 일정한 압력을 갖는 분무장치와 교반장치를 갖추고 있어야 한다.

3.1.9 콘크리트 커터

(1) 콘크리트 커터는 수냉각식 다이아몬드 톱날이나 마모형 톱날이 부착되어 경화된 콘크리트에 설계치수대로 줄눈을 자를 수 있어야 한다.

(2) 콘크리트 절삭 시 발생하는 오염 물질로 인한 환경 피해를 최소화하기 위하여 계약상대자는 가능한 콘크리트 절삭 시 진공흡입장치 등 청소를 병행할 수 있는 장비를 이용하여 시공 하여야 한다.

(3) 습식 줄눈절단 시 이물질은 비산하기보다 사용되는 수분에 의해 흘러내리므로 이를 적절히 수거하여야 한다.

3.2 시공면 준비

3.2.1 시멘트 콘크리트 타설에 앞서, 기층에 존재하는 뜬 돌, 점토, 기타 유해물을 제거하여야 하며, 기층은 항상 양호한 상태로 유지되어야 하고 손상된 부분은 즉시 보수하여야 한다.

3.2.2 완성된 기층면이 공사용 차량의 왕래로 인하여 훼손 및 골재의 박리 등이 발생하였을 경우 계약상대자는 즉시 이를 보완하고 감독자의 확인을 받아야 한다.

3.2.3 기층면이 건조해 있을 때는 소량의 물을 균일하게 살수한 후 콘크리트를 타설 하여야 한다.

3.3 거푸집 설치

- 3.3.1 거푸집용 재료는 이 절 2.1.9에 적합한 것으로 강도와 강성을 가진 강재를 사용하여 한다.
- 3.3.2 거푸집의 측면은 브레이싱으로 저판에 지지되어야 하고 이때 저판에서의 브레이싱 지지점은 측면으로부터 높이의 3분의 2지점 이상으로 하여야 한다.
- 3.3.3. 거푸집은 설치 후 진동기의 충격다짐과 포설기계의 최대 윤하중에 충분히 견딜 수 있어야 하며, 거푸집 설치의 이격 허용오차는 거푸집용 강재두께 이하이어야 한다.
- 3.3.4 거푸집은 콘크리트 치기 전에 깨끗이 닦고, 유지류를 발라 두어야 하며, 거푸집 설치 상태에 대한 감독자의 확인을 받아야 한다.
- 3.3.5 포장두께의 변경이나 인력 마무리를 하여야하는 구간에 사용할 거푸집은 재질, 구조, 설치방법 및 제거에 대하여 감독자의 확인을 받아야 한다.
- 3.3.6 거푸집 설치의 상태 및 기층면의 정비에 대해서는 콘크리트를 치기 전에 감독자의 확인을 받아야 한다.
- 3.3.7 길이 3 m 마다 윗면의 변형이 3 mm 이상 있어서는 안 되며, 측면의 변형이 6 mm 이상 있어서는 안 된다.
- 3.3.8 곡선 반경 50 m 이하의 경우에는 목재 거푸집을 사용할 수 있으면, 이때 600 mm 마다 강재 지지 말뚝을 설치하여야 한다.

3.4 연속철근의 설치

- 3.4.1 연속철근은 설계도서에 따라 표시된 위치에 종류별 수량을 정확하게 설치하여야 한다.
- 3.4.2 연속철근의 설치는 기계식 철근 설치장비기계를 이용하여 설계도서에 표시된 위치에 허용오차(설치간격 $\pm 2.5\text{cm}$, 설치높이 $\pm 1.5\text{cm}$) 내에서 설치한다.
- 3.4.3 철근은 운반, 보관, 적치 시에 휘거나 심하게 부식되지 않도록 주의하여야 하며, 철근을 배근할 때는 변형된 철근을 사용해서는 안 된다.

3.5 배합

3.5.1 시공일반

- (1) 포장용 콘크리트의 배합은 소요품질과 작업에 적합한 워커빌리티 및 피니셔빌리티를 갖는 범위내에서 단위 수량이 될 수 있는 대로 적게 되도록 정하여야 한다. 포장용 콘크리트는 AE감수제를 사용하거나 또는 AE제와 감수제를 혼합하여 사용하여야 한다.
- (2) 알칼리골재 반응 (ASR) 의 방지를 위해서는 시멘트 양의 일정량을 다음과 같이 산업부산물 (플라이애쉬 또는 슬래그 미분말)로 대체하여야 한다.
 - 가. 시멘트의 20 % 에서 35 % (중량) 를 Class F 플라이 애쉬로 치환한다.
 - 나. 시멘트의 35 % 에서 50 % (중량) 를 슬래그 미분말로 치환한다.

3.5.2 배합기준

포장용 시멘트 콘크리트의 배합기준은 표 1과 같다.

3.5.3 시방배합

- (1) 계약상대자는 감독자가 승인한 콘크리트의 재료를 사용하여 감독자의 입회하에 시방배합을 실시하며, 감독자는 이를 토대로 현장배합을 결정한다. 이 시방배합은 사용하는 플랜트의 관리상태 및 계약상대자의 시공경험 등에 의해 콘크리트 휨 강도의 변동계수를 정하고, 목표로 하는 배합강도를 결정하여 설계를 한다.

표 1 포장용 시멘트 콘크리트의 배합기준

항목	시험방법	단위	기준
설계기준 휨강도 (f_{28})	KS F 2408	MPa (kgf/cm ²)	4.5 (45) 이상
단위수량		kg/m ³	150 이하
굵은 골재의 최대치수		mm	400 이하
슬럼프값	KS F 2402	mm	25 (40) ¹⁾ 이하
AE 콘크리트의 공기량 범위	KS F 4009	%	3~6

주 1) (40) 이하는 장비특성을 고려하여 감독자가 인정하는 경우

(2) 계약상대자는 (1)항에 규정된 시멘트 량의 범위내에서 소요의 품질과 작업에 적합한 워커빌리티 및 피니셔빌리티를 갖는 콘크리트를 만들 수 있는 플랜트를 준비함과 동시에 사용하는 플랜트의 성능, 관리방법, 계약상대자의 시공경험 등 콘크리트의 변동계수를 가정하는 자료를 감독자에게 보고하여야 한다.

(3) 시방배합의 수정은 감독자가 필요하다고 인정할 때, 골재원이 변경되었을 때, 또는 잔 골재의 조립률이 0.2 이상 변화가 생겼을 때 실시하여야 한다.

3.5.4 현장배합

계약 상대자는 시멘트 콘크리트 포장에 이용할 재료를 사용하여 시방배합 및 시험포장을 실시한 후 그 결과를 제출하여야 하며, 감독자와 협의하여 현장배합을 결정하여야 한다.

3.5.5 기타

기타 사항은 도로공사 표준시방서 15-4 절 2.3에 의한다.

3.6 콘크리트 제조

3.6.1 재료의 계량

재료의 계량은 현장배합에 의한 배합비에 따라 실시하며, 각 재료는 1회분의 비비기 양(각 배치)을 중량으로 계량하여야 하며, 물이나 혼화제 용액은 용적으로 계량할 수도 있다. 재료의 계량 허용오차는 표 2의 범위 이내이어야 한다.

표 2 시멘트 콘크리트 재료의 계량 허용오차(KS F 4009)

재료의 종류	측정단위	허용오차 (%)
시멘트	질량	-1%, +2%
골재	질량	±3%
물	질량 또는 부피	-2%, +1%
혼화제	질량	±2%
혼화제	질량 또는 부피	±3%

3.6.2 비비기

(1) 콘크리트의 비비기는 현장에서의 인력혼합, 고정식 플랜트 및 트럭믹서를 사용한다. 다만, 소규모 공사에는 이동식 플랜트도 사용할 수 있다.

(2) 믹서는 성능이 좋은 강제식 믹서 또는 가경식 믹서를 사용하여야 하며, 믹서 1회

분 혼합량은 그 믹서의 제조업자가 제시하는 규격용량 이상 혼합해서는 안 된다.

(3) 계약상대자는 시험배합 결과보고서를 작성하여 제출하고, 감독자가 콘크리트의 비비기 시간을 결정할 수 있도록 하여야 하며, 시험이 불가능할 경우에는 믹서 안에 재료를 전부 투입한 후 강제식 믹서에서는 1분, 가경식 믹서에서는 1분 30초를 표준으로 혼합한다. 다만, 어떠한 경우라도 위의 시간을 3배 이상 초과해서는 안 된다.

(4) 1배치의 콘크리트를 비빈 후 다음 배치의 콘크리트를 비빌 때에는 믹서내의 모든 재료를 완전히 배출한 후 혼합하여야 한다.

(5) 비비기는 콘크리트 혼합물이 균질하게 될 때까지 충분히 실시하여야 하며, 배출시 재료의 분리가 일어나서는 안 된다. 믹서 드럼의 회전속도는 제조회사의 장비설명서에 따라야 한다.

(6) 비빈 후 경화되기 시작한 콘크리트를 되비벼서 사용해서는 안 되며, 또한 믹서 내에서 30분 이상 경과한 콘크리트도 사용해서는 안 된다.

3.6.3 레디믹스트 콘크리트 (ready mixed concrete)

(1) 레디믹스트 콘크리트는 도로공사 표준시방서 15-5 절의 규정에 적합한 것으로 감독관의 승인을 받아 사용하여야 하며, 품질규격은 KS F4009에 적합하여야 한다.

(2) 레디믹스트 콘크리트는 이미 혼합된 콘크리트에 해를 주지 않도록 운반하여야 하며, 내려놓을 장소나 그 방법은 감독자의 지시를 받아야 한다.

3.6.4 콘크리트의 운반

(1) 콘크리트의 운반은 재료분리와 함수비의 변화가 최소화할 수 있도록 하여야 하며, 운반차는 싣거나 내리는 작업이 용이한 것이어야 한다.

(2) 콘크리트는 비빈 후부터 치기가 끝날 때까지의 시간은 1시간을 넘어서는 안되며, 애지테이터 트럭으로 운반하는 경우는 90분 이상 경과해서는 안 된다. 그러나 기온이 매우 높거나, 콘크리트가 빨리 응결할 경우에는 이를 감소하여야 한다.

(3) 콘크리트는 비빈 후 운반되는 과정에서 굳지 않아야 하며, 조금이라도 굳은 콘크리트는 사용을 해서는 안 된다. 운반 도중 콘크리트가 건조되는 것을 방지하기 위해서 계약상대자는 운반차에 적절한 보호방법을 강구하여야 한다.

(4) 콘크리트를 운반차에 싣거나 내릴 때는 그 높이를 되도록 낮게 하여, 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 하며, 운반차는 사용 후 적재함 내부를 깨끗이 청소하고 물기를 제거하여야 한다.

(5) 덤프트럭으로 운반할 경우에는 적재함의 틈을 없애고 적재함 상단보다 낮고 편편하게 적재하고 수분증발 및 이물질 혼입을 막기 위해 덮개를 설치하여야 한다.

(6) 운반차량은 포장장비의 작업능력에 맞는 종류와 소요대수를 결정하여야 한다.

(7) 중앙 혼합장에서 혼합하고 트럭믹서로 운반하는 경우에는 KS F 4009의 운반 규정에 따른다.

3.6.5 기상조건

(1) 콘크리트의 배합, 치기 및 마무리는 주간에 실시하여야 하며, 부득이하게 야간에 시공하여야 할 경우에는 감독자의 승인을 받아야 한다.

(2) 기온이 4℃ 이하이거나 35℃ 이상인 경우 또는 우천 시는 시공을 금지하여야 한다. 다만, 부득이하게 시공하여야 할 경우에는 품질확보를 위한 제반조치에 대하여 사전에 감독자의 승인을 받아야 한다.

(3) 양생기간 중 동결이 예상되는 경우에는 감독자의 승인을 받아 동결방지대책을 강구하여 포장면을 보호하여야 한다.

(4) 서중 및 한중 콘크리트 시공에 관해서는 도로공사 표준시방서 10-1절 3.18에 따

른다.

3.7 콘크리트 깔기 및 다짐

3.7.1 시공일반

- (1) 콘크리트 깔기는 페이버 또는 이와 동등한 장비에 의하여 시공하여야 하며, 초기 경화가 시작되기 전에 시공하여야 한다.
- (2) 콘크리트 깔기를 하고 난 다음에는 가능한 콘크리트를 다시 이동하지 않아야 하며, 재료분리가 일어나지 않도록 하여야 한다.
- (3) 슬립폼 페이버의 진행이 정지되었을 때는 모든 진동 및 다짐 장치를 계속 가동해서는 안 된다.
- (4) 장비의 정비를 위한 경우를 제외하고는 다른 장비에 의해 페이버를 견인해서는 안 된다.
- (5) 기존 포장 위에 슬립폼 페이버가 주행할 때는 기존 포장면이 손상되지 않도록 고무패드 등을 깔아서 보호해야 한다.
- (6) 동결된 보조기층에 콘크리트 깔기를 해서는 안 된다. 특히 시공 당일 예상되는 기온이 4℃ 이하인 경우와 32℃ 이상인 경우에는 반드시 한중 콘크리트 또는 서중 콘크리트 시공계획을 수립하여 감독자의 승인을 받은 후 콘크리트 깔기를 하여야 한다.

3.7.2 깔 기

- (1) 콘크리트는 승인된 장비와 공법을 사용하여 균일한 두께로 깔아야 한다.
- (2) 콘크리트는 소정의 위치에 균등량을 설계도서에 표시된 두께와 경사를 갖도록 그 양을 조절해서 다지고 마무리하여야 한다.
- (3) 콘크리트 슬래브의 모서리 또는 줄눈 부위의 콘크리트에 재료분리가 생기지 않도록 주의하여 시공하여야 한다.
- (4) 하루의 콘크리트 포설이 끝나는 경우, 또는 콘크리트 깔기가 1시간 이상 지연될 경우에는, 가로 시공줄눈을 설치하여야 한다. 또한 비에 의해 콘크리트가 현저하게 손상을 입었을 경우에는 손상된 콘크리트를 제거하고 재시공하여야 한다.
- (5) 일몰 후 또는 야간에는 포설 작업을 지양하여야 하며, 부득이한 경우 줄눈절단계획 등을 검토하여 감독자의 승인을 얻은 후 실시하여야 한다.
- (6) 기온이 높아 슬립폼의 저하와 수분의 급격한 증발이 예상되에도 서중콘크리트를 사용하지 않을 시에는 급격한 건조수축과 높은 수화열 발생으로 인한 균열이 예상되므로, 포설시간을 오후로 변경하여야 한다. 포설시간 연기가 불가한 경우 차단막이나 양생포를 씌워 콘크리트 포장의 온도상승을 최소화한다.

3.7.3 다 짐

- (1) 콘크리트 깔기 후 신속하게 슬립폼 페이버의 진동기를 사용해서 연석부까지 충분히 다짐을 하여야 한다. 하지만 모르타르가 떠 올라올 정도로 과도한 다짐을 해서는 안 된다.
- (2) 콘크리트는 재료분리가 일어나지 않도록 깔고 다짐도가 얻어질 때까지 다짐을 한다.
- (3) 진동기는 전기 또는 압축공기를 이용한 회전형이어야 하며, 진동횟수는 10~20초간의 정상다짐 동안에 혼합물을 충분히 다질 수 있는 것이어야 한다.
- (4) 다짐 후 1층 두께는 350 mm 이하여야 하며, 혼합물의 다짐은 포설 후 1시간 이내에 완료하여야 한다.

(5) 진동기는 콘크리트를 고르는데 사용해서는 안 되며, 한 자리에 20초 이상 머물러 있어서는 안 된다.

3.8 표면마무리

3.8.1 시공일반

- (1) 표면마무리는 계획고까지 깔기 및 다짐이 완료된 후, 초벌마무리, 평탄마무리, 거친마무리 순으로 시공한다.
- (2) 기계에 의한 마무리 방법으로는 피니셔에 의한 초벌마무리, 표면마무리기에 의한 평탄마무리 및 브러쉬 등에 의한 거친 마무리가 일반적이다.
- (3) 특수지역 및 좁은 지역을 제외하고는 기계에 의한 마무리를 하여야 하며, 표면마무리에 사용할 기계 및 기구는 콘크리트 포장 시공계획서에 포함하여 감독자에 제출하고, 승인을 받아야 한다.
- (4) 마무리를 용이하게 하기 위해 물을 추가하여 시공하는 것은 절대 금한다.

3.8.2 초벌마무리

초벌마무리는 피니셔나 슬립폼 페이버 등과 같은 기계에 의한 방법을 사용하여야 한다. 다만, 기계의 고장이나 기타의 사유로 마무리 장비를 사용할 수 없는 경우에는 감독자의 승인을 받아 인력에 의한 간이 피니셔나 템플리트 템퍼 (template temper) 로 초벌 마무리를 할 수 있다.

3.8.3 평탄마무리

- (1) 초벌마무리를 한 후에는 표면마무리 장비에 의한 기계마무리나 프로우트(float)에 의한 인력마무리로 종·횡방향의 요철을 고르는 평탄마무리를 하여야 한다.
- (2) 콘크리트 슬래브의 표면은 콘크리트가 굳기 전에 직선자로 평탄성을 점검하고, 필요에 따라 요철부분을 정정하여야 한다.

3.8.4 거친면 마무리

- (1) 횡방향 거친면 마무리는 평탄마무리가 끝나고 콘크리트 포장의 표면에 물기가 없어지면 거친면 마무리를 실시한다. 거친면 마무리 방법에는 그루빙 (grooving)에 의한 방법, 타이닝기에 의한 기계마무리, 마대처리 또는 비, 솔 등을 사용하는 인력마무리 등이 있다. 타이닝기를 사용할 때 홈의 길이는 3~6 mm를 표준으로 하고, 홈의 간격은 20~30 mm로 하여 충분히 마찰계수를 갖도록 하여야 한다.
- (2) 종방향 거친면 마무리는 장비에 의한 평탄마무리 직후 슬립폼 페이버에 부착된 타이닝기를 이용하여 실시하여야 한다. 이때 홈의 길이는 3 mm ~ 6 mm 를 표준으로 하고 홈의 간격은 20mm 이내로 하여야 한다.
- (3) 거친면 마무리 완료 후 노면배수 상태를 조사하여 필요시에는 배수용 그루빙을 감독자와 협의하여 시행할 수 있다.
- (4) 임의 간격 횡방향 타이닝은 도로의 중심선과 수직으로 시공하며, 일정 간격을 두지 않고 설계 도면에 따라 10~40 mm 간격으로 시공하고, 깊이는 3~6 mm로 한다.

3.9 보강용 콘크리트 슬래브

3.9.1 보강용 콘크리트 슬래브는 교대의 뒤편부에 설치하는 접속 슬래브 (approach slab) 와 토공부의 지지력의 불연속 구간에 설치하는 포장하부 보강슬래브로 구분된다.

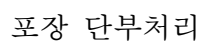
3.9.2 접속 슬래브의 구조는 교대의 뒤편부 다짐불량에 의한 부등침하와 포장파손으로 인한 주행성의 저하를 최소화 할 수 있는 구조이어야 하며, 연장, 폭, 두께 등은 설계

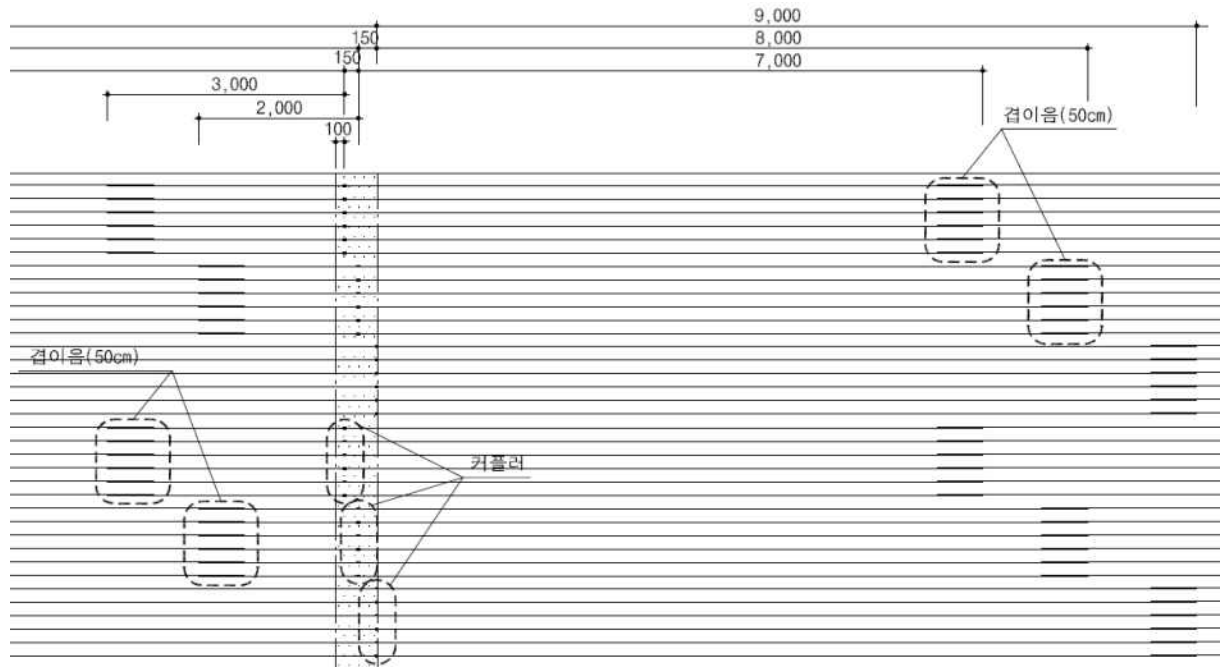
3.9.3 포장하부 보강슬래브는 포장 슬래브 하부에 설치하는 철근 콘크리트 슬래브로서 지지력의 불연속, 지중구조물로 인한 부등침하 등이 예상되는 곳에 설치되며, 연장, 폭, 두께 등은 설계도서에서 따른다.

3.9.4 교량접속부는 시공조건이 불리하고 줄눈부가 집중되어 있으므로 평탄마무리와 줄눈 시공에 특별히 주의하여야 한다.

3.9.5 표면마무리는 바이브레이팅 스크리드나 테크 피니셔에 의한 마무리 등의 기계 마무리를 하여야 한다.

연속철근 콘크리트 포장의 시·중점부 자유단 (공법이 다른 포장 또는 교량 접속부)에는 포장 슬래브의 신축에 의한 충격흡수를 위해 포장 단부처리를 하여야 한다. 그 방법은 아래와 같이 일일 시공이 마무리되는 중점부에서 겹이음을 통해 단부의 철근을 기계식 이음을 할 수 있도록 배치후 거푸집을 설치하여 시공을 종료한다. 익일 시공 시 시점부에 커플러를 이용하여 종방향 철근을 이음한 후 다음 철근 연결부를 겹이음 처리한 후 포설을 실시하며 세부사항은 설계도서에 따른다.





포장 단부처리(상세)

3.11 줄 눈

3.11.1 시공일반

연속철근콘크리트 포장에서는 다음과 같은 네 종류의 줄눈이 사용된다. (1) 가로시공 줄눈, (2) 가로팽창줄눈, (3) 세로시공줄눈, (4) 세로수축줄눈

3.11.2 가로시공줄눈

(1) 가로시공줄눈은 하루의 포설작업이 완료되었을 때, 비가 올 때 또는 기계고장 등으로 인해 치기작업이 1시간 이상 중단되었을 때 설치한다.

(2) 가로시공줄눈부는 취약하지 않도록 보강하여야 하며, 보강방법 등은 설계도서에 따른다.

3.11.3 가로팽창줄눈

가로팽창줄눈은 포장슬래브와 구조물이 접하는 부분에 설치하여야 하며, 콘크리트가 경화한 다음 커터로 홈을 자를 경우에는 거꾸집을 제거한 후 절단에 의해 콘크리트가 해를 받지 않을 강도에 이르렀을 때 절단하여야 한다.

3.11.4 세로시공줄눈

세로시공줄눈은 포장에 수직으로 설계도서에 정해진 깊이의 홈을 만들고 주입 줄눈재로 홈을 채워야 한다.

3.11.5 세로수축줄눈

세로수축줄눈의 커팅 시간은 다음과 같이 수행한다.

(1) 여름철 시공이 종료된 이후 12시간 이내 수행.

(단, 시공 시 대기 온도가 32도를 넘을 경우 8시간 전후 수행.)

(2) 봄/가을철 시공이 종료된 이후 18시간 이내 수행.

(3) 세로수축줄눈은 포장에 수직으로 포장두께의 1/3 깊이의 홈을 만들고 주입 줄눈재로 홈을 채워야 한다.

3.11.6 다우웰바 및 타이바

(1) 다우웰바는 방부제 및 활동제로 도장하여야 하며, 다른 포장형식과의 접합부분, 또는 가로팽창줄눈부에 설치하며, 설치 유무 및 위치는 설계도서에 의한다.

(2) 타이바는 설계도서에 따라 정확한 위치에 설치하여야 한다.

(3) 다우웰바를 체어에 지지할 경우, 체어는 철근을 용접 조립한 것이어야 하며, 철근

을 견고하게 고정하여 시공 중에 변형이 생기지 않도록 하여야 한다.

(4) 타이바는 이형봉강으로 하며, 깊이와 길이 및 배치간격을 설계도서에 따라 설치하여야 한다.

3.11.7 줄눈재의 주입

(1) 줄눈재의 주입은 양생기간에 상관없이 기상조건이 허락하는 한도 내에서 줄눈에 주입줄눈재를 주입하여야 한다.

(2) 주입줄눈재는 주입하기에 앞서 흠을 깨끗하게 청소하고, 콘크리트 부스러기나 먼지 등을 제거하여 건조시켜야 한다.

(3) 주입줄눈재 시공은 흠 내면에 프라이머를 바른 다음 기포가 생기지 않도록 주입하고, 주입이 끝났을 때 줄눈재의 상면이 포장슬래브의 표면보다 3mm 정도 낮은 높이가 되도록 한다.

(4) 줄눈재로서 성형줄눈재를 사용할 경우에는 감독자와 협의하여 시행할 수 있다.

3.12 거푸집 제거

3.12.1 거푸집은 콘크리트 타설 후 콘크리트의 강도가 자중 및 시공 중에 가해지는 응력 이상일 때 제거하도록 한다.

3.12.2 거푸집 제거 작업 중에 콘크리트 슬래브에 손상을 주어서는 안 되며, 손상을 주었을 경우에는 계약상대자 부담으로 즉시 보수하여야 한다.

3.12.3 거푸집 제거 후 콘크리트 슬래브의 양측면은 이 절 3.13에 따라 양생하여야 한다. 거푸집 제거 후 재료 이탈이 생긴 부분은 시멘트 모르타르로 깨끗이 메워야 하며, 공용성 및 내구성 문제가 예상되는 경우에는 재시공하여야 한다.

3.13 양생

3.13.1 표면마무리가 끝난 후 교통이 개방될 때까지, 건조, 온도변화, 하중, 충격 등이 나쁜 영향을 받지 않도록 보호하여야 한다. 특히 양생기간 동안 습윤 상태를 유지하기 위하여 피막양생을 해야 한다.

3.13.2 피막양생으로 수밀한 막을 만들기 위해서는 충분한 양의 살포가 필요하며, 온도변화를 작게 하기 위하여 백색안료를 혼합할 필요도 있다.

3.13.3 피막양생제는 콘크리트 슬래브 표면에 물기가 없어진 직후 초기응결이 시작되기 전에 얼룩이 없도록 충분히 살포하여야 하며, 포장면의 양측면까지 양생제를 살포하여야 한다.

3.13.4 피막양생제는 콘크리트 슬래브 표면에 블리딩으로 인한 물기가 없어진 직후에 2회 이상 나누어 얼룩이 없도록 충분히 살포하여야 한다. 양생제 살포량은 0.4~0.5 l/m²로 한다.

3.13.5 콘크리트를 칠 때 하루평균기온이 4℃ 이하로 내려가는 것이 예상되면, 이절 10-3-15의 한중 콘크리트 시공을 하여야 하며, 32℃ 이상이 우려되면 서중콘크리트 시공을 하여야 한다.

3.13.6 우천 시에는 아직 굳지 않은 콘크리트를 즉시 비닐, 슈이트, 방수지 등으로 덮어서 콘크리트의 손상을 막아야 한다.

3.14 포장면 보호 및 교통개방

3.14.1 계약상대자는 포장 슬래브의 양생기간 중차량 및 인마의 진입에 의한 피해를 방지하기 위하여 양생 중 표지, 주민방책 등을 설치하고, 감시인을 상주시켜 포장 슬래

브를 보호하여야 한다.

3.14.2 교통개방은 강도시험 결과에 따라 감독자의 승인을 얻은 후 시행하여야 한다.

3.14.3 줄눈주입재의 양생이 완료된 후 감독자의 승인을 받아 교통을 개방 하여야 한다.

3.15 특수기상 조건 하에서의 콘크리트 치기

3.15.1 한중콘크리트

- (1) 한중콘크리트에 사용할 시멘트는 포틀랜드 시멘트를 표준으로 한다.
- (2) 동결되거나 빙설이 혼합되어 있는 골재는 가열하여 사용하여야 한다.
- (3) 시멘트를 혼합하기 전 물과 골재의 혼합물의 온도는 시멘트의 급결을 우려하여 40℃ 이하로 하여야 하며, 시멘트는 어떠한 경우라도 직접 가열해서는 안 된다.
- (4) 콘크리트의 비비기, 운반 및 치기는 가열된 열량의 손실이 가급적 적게 되도록 하여야 한다.
- (5) 치기 시 콘크리트의 온도는 5~20℃를 유지하여야 한다. 다만, 콘크리트의 온도를 계속 유지하기 위해서는 필요한 경우 물과 골재를 가열하여 사용하여야 한다.
- (6) 가열한 재료를 믹서에 투입하는 순서는 시멘트가 급결을 일으키지 않도록 하여야 한다.
- (7) 마무리된 보조기층은 콘크리트 까기 시까지 동결하지 않도록 보호하여야 한다. 또한, 거푸집, 철근 등에 빙설이 부착되어 있을 때에는 이를 제거하여야 한다.
- (8) 콘크리트 치기는 깔기부터 표면마무리까지 신속히 작업을 하여야 하며, 깔기 작업에 불편이 없는 양생덮개를 즉시 사용하여 콘크리트의 열량손실이 적게 되도록 하여야 한다.
- (9) 한중에는 콘크리트가 동결되기 쉬우므로 응결, 경화의 초기에 동결이 되지 않도록 양생포, 비닐시이트 등 보호덮개를 사용하여야 한다.
- (10) 보호덮개만으로 부족할 경우에는 열풍기, 스팀 등을 사용하여야 하며, 열풍기를 사용할 경우에는 콘크리트 표면이 건조되지 않도록 주의하여야 하며, 히팅을 종료 시에는 단계적으로 온도를 낮추어야 한다.
- (11) 동해를 받은 콘크리트는 가장 가까이 있는 수축줄눈 또는 팽창줄눈 까지 콘크리트 전체를 제거한 후 계약상대자 부담으로 재시공하여야 한다.

3.15.2 서중 콘크리트

- (1) 콘크리트를 운반할 때에는 시트나 기타 적절한 방법으로 덮어서 건조하지 않도록 하여야 하며, 치기 시 콘크리트 온도는 35℃ 이하로 하여야 한다.
- (2) 깔기 기계가 직사광선에 의해 가열되는 것을 방지하기 위하여 감독자는 적절한 차양시설의 설치를 지시할 수 있다.
- (3) 혼합된 콘크리트는 1시간 이내에 빨리 쳐야한다. 콘크리트의 치기가 끝났을 때나 시공이 중단되었을 때에는 콘크리트의 표면이 건조하지 않도록 보호하고 습윤 상태로 유지하여야 한다.

3.16 품질관리 및 검사

3.16.1 평탄성 측정

- (1) 계약상대자는 다짐 및 마무리를 마친 후 콘크리트가 충분히 경화하면 포장 표면의 평탄성을 검사하여야 한다.
- (2) 평탄성의 측정은 7.6m 프로파일러를 사용하여야 하며, 부득이 3m 직선자나 기타 기구를 사용할 경우에는 감독자의 승인을 받아야 한다.

-
- (3) 요철이 5mm 이상 차이가 나서는 안 되며, 5mm를 넘는 높은 부위는 승인된 기계로 갈아내어야 한다. 또, 임의의 점과 계획고의 차는 $\pm 30\text{mm}$ 이하이어야 한다.
 - (4) 프로파일 인덱스 (profile index)는 7.6m 프로파일러를 사용할 경우 본선 토공부 및 편도 4차로 이상의 터널은 160mm/km 이하이어야 한다. 다만, 현장 여건상 대형 조합장비의 투입이 불가능한 경우와 종단경사 5% 이상 및 평면 곡선반경 600m 이하 구간은 240mm/km 이하로 한다.
 - (5) (3) 및 (4)의 평탄성 기준에 어긋나는 부분에 대하여는 감독자의 지시를 받아 재시공 또는 수정하여야 한다. 재시공 또는 수정을 하는 경우에는 이 부분에 대하여 평탄성 측정을 실시한 후 그 시험결과는 감독자에게 제출하여 재확인을 받아야 한다. 이 때에 소요되는 모든 비용은 계약상대자 부담으로 한다.

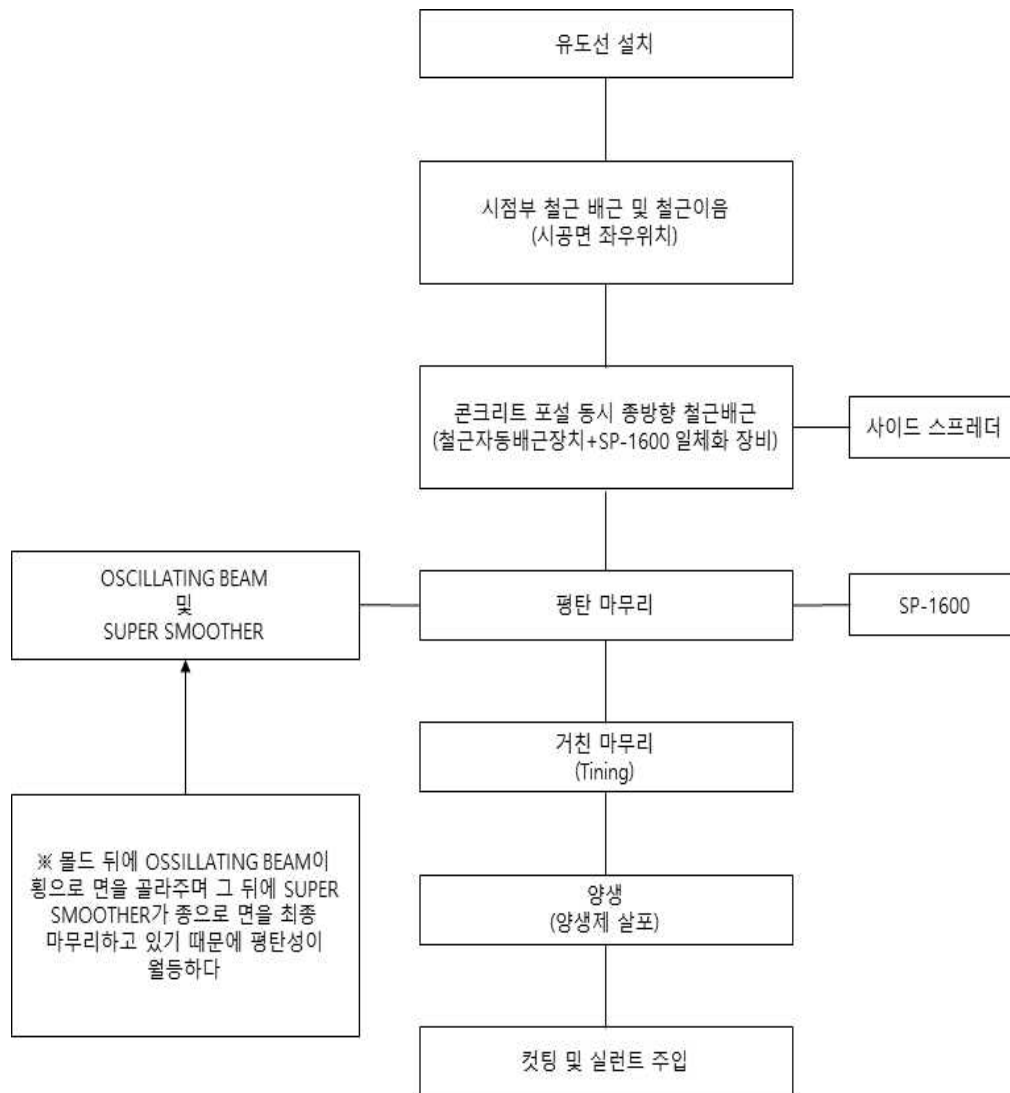
3.16.2 포장슬래브의 두께 및 철근배근 높이 측정

- (1) 포장슬래브의 두께는 타설 후 측면에서 100m 마다 측정하여야 한다. 측정한 평균 두께가 설계두께보다 5% 이상 얇을 경우에는 재시공하여야 하며, 이에 대한 범위의 결정은 검측자 (감독자 또는 감리자)가 결정하며 계약상대자는 이에 따라야 한다.
- (2) 종방향 철근은 시점부 타설 후 100m 마다 측정하여야 한다. 측정방법은 철근유도 장비의 1차포설 이후 페이지의 평탄성작업 전에 실시하며 철근중앙이 설계위치에 배근되는지 여부를 확인하여야 한다.

3.16.3 품질시험

- (1) 골재 및 콘크리트 품질시험은 골재의 재료관리 및 콘크리트의 배합, 비비기, 다짐, 마무리 등의 적정성을 판정하기 위하여 채취한다.
- (2) 시료의 채취 및 시험은 모두 계약상대자가 실시하고 그 결과는 감독자에게 서면으로 제출하여 확인을 받아야 한다.
- (3) 커플러의 철근이음에 대한 품질관리는 일정장비를 이용하여 100Nm이상의 결합력을 확보하며, 이는 일일 시공량중 3개~5개 커플러를 무작위로 선정 후 확인하며, 그 결과를 감독자에게 통보 또는 확인을 받아야 한다.
- (4) 콘크리트 강도시험에 의한 콘크리트의 품질관리는 매 100m³의 콘크리트 포설량당 한 조의 강도 실험을 행한다. 강도 시험을 위해서는 콘크리트의 시료채취 방법 (KS F 2401), 공시체 제작 방법 (KS F 2402) 및 휨강도 시험 방법 (KS F 2408)을 따른다. 강도 실험은 공시체의 재령 7일 또는 28일에서 실시하며, 이 때의 공시체는 수중 양생한 것으로 시험하여야 한다. 한 조의 강도 실험 값은 3개의 공시체로 부터 얻어진 강도값의 평균값이다.

(8) 시공 절차



(9) 모의 시공 추진일정

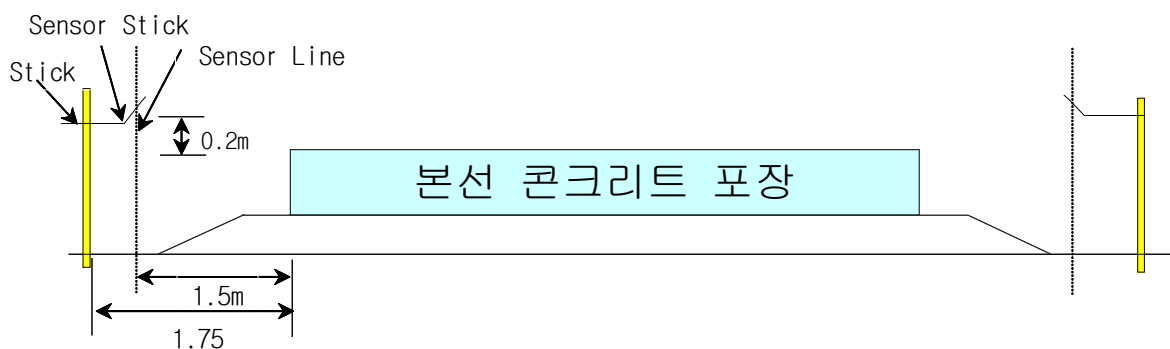
추진사항	12월											비고
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
자재반입 및 철근분배												
장비 이동 및 조립												
시점부 철근배근 및 포설												
포설												
줄눈시공												
모니터링												상시

나. 공정 별 시공절차

- 장비 운용은 붙임의 “M-CRCP 일체화 장비 운용 매뉴얼”에 따라 운용하였다.

(1) 자재반입 및 철근분배

- 선형 측량 시 포장측 양측으로 10m 마다 측점 표시한다.
- Sensor Stick은 콘크리트 포장 양 끝단에서 1.75m 떨어진 선상에서 10m 간격으로 흔들리지 않도록 고정시킨다.
- 스트링라인은 처짐이 없도록 원치로 당겨서 팽팽하게 설치하고 Stick 날개에 결속선으로 고정시킨다.
- Sensor Line은 콘크리트 포장 양 끝단에서 1.5m 선상에 설치하고 선형측량을 실시한 후 Sensor Line 높이는 린 콘크리트 계획고에서 50cm 높이로 설치한 후 Level측량을 한다.



<그림 3.100> Sensor Line 위치

(2) 시점부 철근 조립 및 철근 연결

- 린콘크리트 표면의 이물질을 제거하고 시점부(4.5m) 종횡방향 철근배근 위치를 표시 후 스페이서를 위치시킨 후 설계간격으로 철근 배근을 실시한다.
- 시점부 철근배근 끝단부에 위치한 철근유도장치에 배근 간격별로 철근을 위치시킨 후 튜브관을 통해 철근을 통과시켜 철근을 배근한 후 철근유도장치 앞에 위치한 철근과 연결(커플러 이용) 한다.



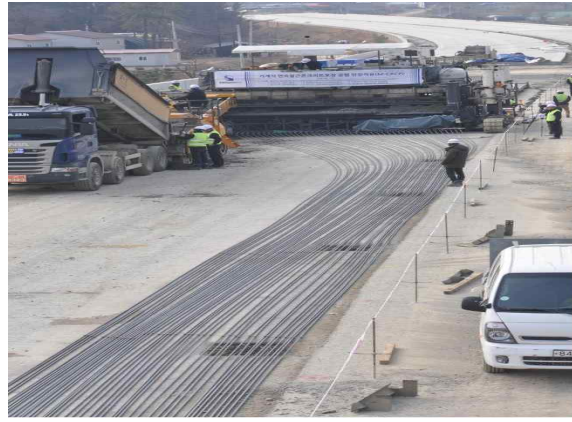
<그림 3.101> 시점부 철근 배근



<그림 3.102> 철근유도장치 배치 및 철근 연결 전경



<그림 3.103> 커플러를 이용한 철근이음 전경



<그림 3.104> 시공구간 철근 배근

(3) 시점부 콘크리트 포설

- 시점부 콘크리트 포설을 위하여 스프레더(RTP-500)를 M-CRCP 일체화 장비 앞쪽에 위치시킨다.
- 덤프트럭으로 운반된 콘크리트를 스프레더를 이용하여 시점부 철근배근 위치에 포설한다.



<그림 3.105> 시점부 콘크리트 포설(1)



<그림 3.106> 시점부 콘크리트 포설(2)

(라) 장비 시험가동

- 페이퍼 및 철근유도장비의 일체화 이후 철근유도장비 및 페이퍼 작동확인
- 설치된 센서라인을 통한 페이퍼 움직임 확인



<그림 3.107> 장비 구동 전경(1)



<그림 3.108> 장비 구동 전경(2)

(마) 철근연결

- 철근유도장비 튜브를 관통하는 철근 및 시공구간 철근 연결
- 종방향 철근의 정위치 세팅 확인



<그림 3.109> 종방향 철근 정위치 세팅

(바) 콘크리트 포설

- 시공 중 일체화 장비 유압, 덤프용 톨딩장치의 작동여부 확인하고,
- 덤프로 운반된 콘크리트의 콘크리트 공급장치(스프레더)를 통한 포설과,
- 포설 시 장비 진행 및 포설기능 작동 여부 확인하고,
- 철근의 유도형태 확인(철근유도장비 출구부 수평확인)하며,
- 2차로 폭 전체로의 콘크리트 공급 여부 및 작동(상하)여부 확인하여,
- 시공 중 철근배근 위치 및 깊이 확인을 실시하였다.



<그림 3.110> 포설 전 장비 및 철근배치



<그림 3.111> 콘크리트 포설 전경



<그림 3.112> 일체화장비 운용 전경



<그림 3.113> 시공 중 철근배근 깊이 확인



<그림 3.114> 일체화장비 탈착 후 종점부 마무리



<그림 3.115> 시공완료 전경

(5) 시험시공(현장적용) 결과 및 향후 보완사항

(가) 콘크리트 공급장치 관련

- 포설 시작 시 콘크리트 공급을 위해 스프레더(RTP-500)와 덤프트럭이 접촉할 때 덤프트럭의 안전바가 스프레더에 걸리면서 콘크리트가 스프레더가 아닌 바닥으로 떨어지는 상황이 발생하였다.
- 이후, 덤프트럭에 설치된 안전바를 제거한 후 재 포설 결과 이상 없이 포설이 진행되었다. 추후, 시공 시 스프레더와 덤프트럭의 접촉부를 개선하여 콘크리트 공급에 이상이 없도록 하여야 한다.

(나) 공법 별 시공량 비교

- 개발 장비의 최종 목적 중 하나인 일체화장비시제품의 시공량을 각 공법 별(JCP, CRCP, 개선 전 M-CRCP)와 비교하여 성능을 확인하였다.,
- 각각의 공법과 비교한 결과, 개발 장비는 기존 장비 대비 약 9% 정도의 시공성이 향상되었음을 확인하였다.
- 또한, CRCP 대비 약 9% 정도 향상되었고, JCP와 비교하여 JCP의 약 70% 정도의 효율을 보이는 것을 확인하였다.
- 이에 개발장비는 기존 장비 대비하여 시공성이 향상되어 개발 목적을 달성하였다고 판단한다.

<표 3.6> 공법 별 시공량 비교

구분	개발장비(M-CRCP)	개선 전 M-CRCP	JCP	CRCP
시공량(m³)	460	520	800	520
시공시간(hr)	6.5	8	8	8
시간 당 시공량(m³/hr)	70.7	66	100	66
1일 당 시공량(m³/day)	566	520	800	520
비교 (개발장비/각 공법)	1.00	1.09	0.71	1.09

(다) 경제성

① 기존 장비의 시공비용

- 콘크리트 포장 - 연속철근 2차로 동시포장, M-CRCP(기존 장비)/(m³)

공 종 명	규 격	수량	단 위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계					5,338		2,575		7,756		15,669
Slip form paver	317KW	0.01	hr	128,460	1284	23,289	232	421,659	4216		5,732
M-CRCP	186.5KW	0.01	hr	39,781	397	23,289	232	108,301	1083		1,712
Side spreader	8.2m	0.01	hr	18,233	182	23,389	233	105,319	1053		1,468
조면	TCH950	0.01	hr	19,902	199	23,389	233	125,490	1254		1,686
마무리기		1.5	L	2,000	3,000						3,000
양생제		1.5	L	2,000	3000		0		0		3,000
살수차	16,000L	0.01	hr	24,382	243	21,911	219	15,005	150		612
비닐	2겹	0.0833	m2	400	33		0		0		33
특별인부	-	0.00125	인		0	102,334	127		0		127
포장공	-	0.005	인		0	112,897	564		0		564
보통인부	-	0.005	인		0	84,166	420		0		420

② 개발 장비의 시공비용

- 콘크리트 포장 - 연속철근 2차로 동시포장, M-CRCP(개발 장비)(/m³)

공 종 명	규 격	수량	단 위	재 료 비		노 무 비		경 비		합 계	
				단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액	단 가	금 액
계					5,338		2,575		7,756		13,957
일체화 장비	317KW	0.01	hr	128,460	1284	23,289	232	421,659	4216		5,732
Side spreader	8.2m	0.01	hr	18,233	182	23,389	233	105,319	1053		1,468
조면	TCH950	0.01	hr	19,902	199	23,389	233	125,490	1254		1,686
마무리기		1.5	L	2,000	3,000						3,000
양생제		1.5	L	2,000	3000		0		0		3,000
살수차	16,000L	0.01	hr	24,382	243	21,911	219	15,005	150		612
비닐	2겹	0.0833	m2	400	33		0		0		33
특별인부	-	0.00125	인		0	102,334	127		0		127
포장공	-	0.005	인		0	112,897	564		0		564
보통인부	-	0.005	인		0	84,166	420		0		420

③ 경제성 비교

- 기존 장비는 슬립폼 페이퍼와 철근유도장치를 각각 1대의 장비로 사용해야하기 때문에 비용, 인력 등이 추가로 소요된다.
- 개발장비는 일체화 장비로 장비 1대가 줄어드는 효과를 볼 수 있고 이는 철근유도장치의 비용을 감소하는 효과로 나타난다.
- 이에 기존 장비의 비용인 7,444원(hr)을 개발 장비의 비용인 5,732원(hr)로 약 77%로 감소하는 것을 알 수 있고, 콘크리트 포설 비용은 15,6169원(m³)에서 13,957원(m³)으로 약 10% 이상 감소함을 확인하였다.
- 이러한 결과로 인해 핵심성과 중 공사비용절감효과를 만족하는 것을 알 수 있다.

7. 품질기준 달성도

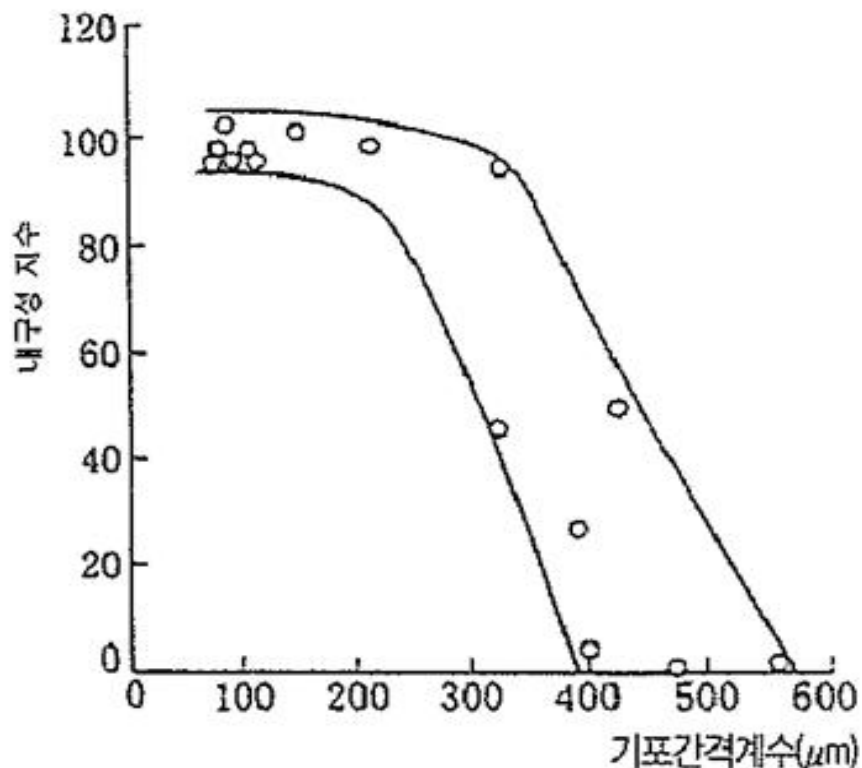
가. 콘크리트 공극구조 검토

- 기존 CRCP에서 철근배근 시 타이용 철선을 이용하여 종방향 철근을 횡방향 철근과 철근받침대에 고정 시키고 있으나 <그림 3.116>과 같이 시공 시 충분한 다짐이 어려워 큰 공극들이 존재하여 콘크리트의 품질을 저하시키는 경우가 발생하고 있는 실정이다. 본 개발기술은 이러한 철근 결속부가 존재하지 않기 때문에 충분한 다짐을 통해 과대 공극 발생을 최소화할 수 있다.



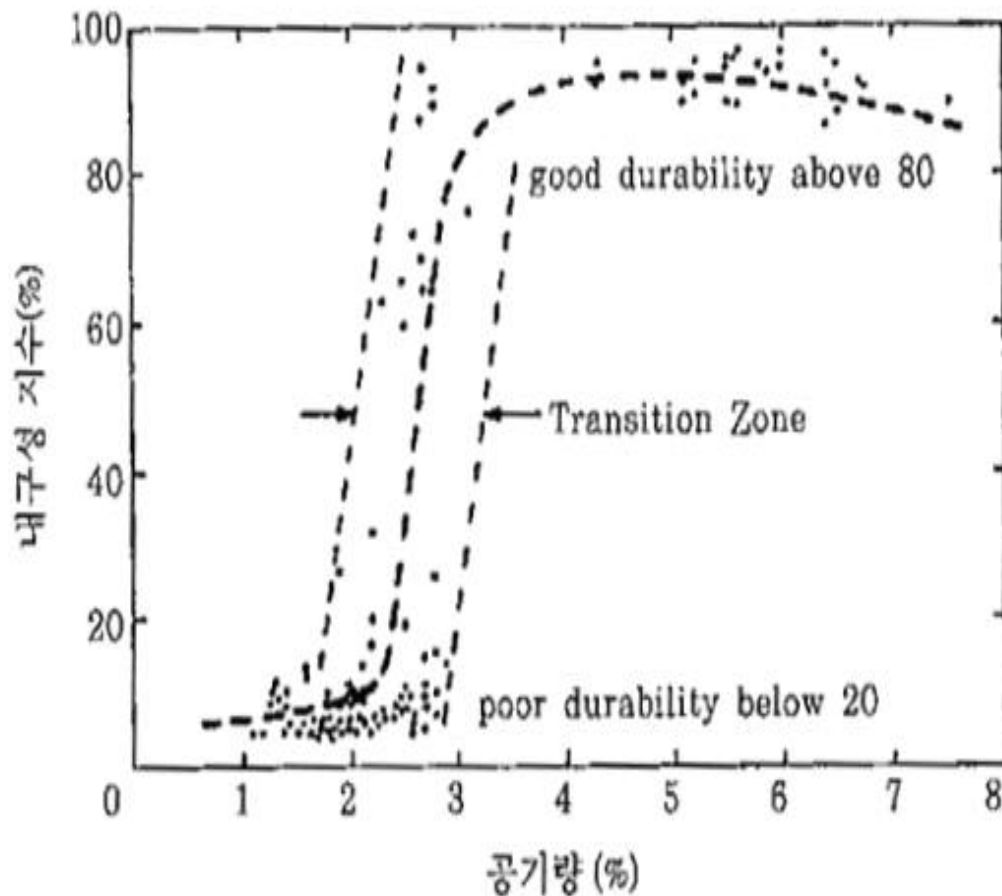
<그림 3.116> 기존기술의 공극구조

- 시멘트 콘크리트 포장에서 콘크리트의 동결융해 저항성을 확보하기 위해 기포간격 계수가 $200\mu\text{m}$ 이하가 되도록 AE제의 사용을 제안하고 있으며, 아래 <그림 3.117>~<그림 3.118>는 기포간격계수와 내구성 지수의 관계를 보여주며 $250\mu\text{m}$ 이하일 경우 80이하의 낮은 내구성지수를 보임으로서, 동결작용에 대해 위험성이 없는 것으로 나타났다.



<그림 3.117> 기포간격계수와 동결융해저항성의 관계
(콘크리트공학, 한국콘크리트학회(2011))

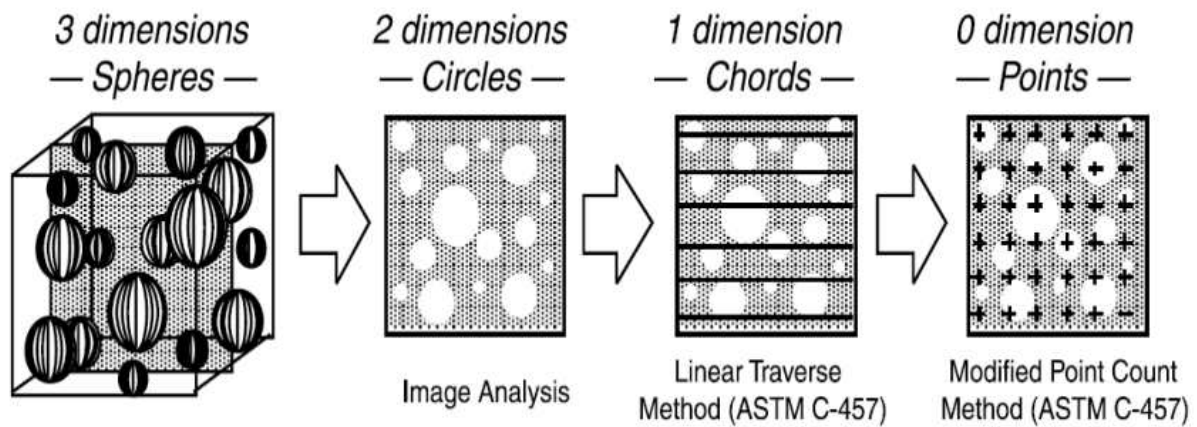
- 국토해양부 제정 콘크리트표준시방서에서는 동결융해작용을 받는 구조물에 대하여 일반콘크리트의 배합에서 공기량이 3~6%인 AE콘크리트를 적용하도록 규정하고 있다.



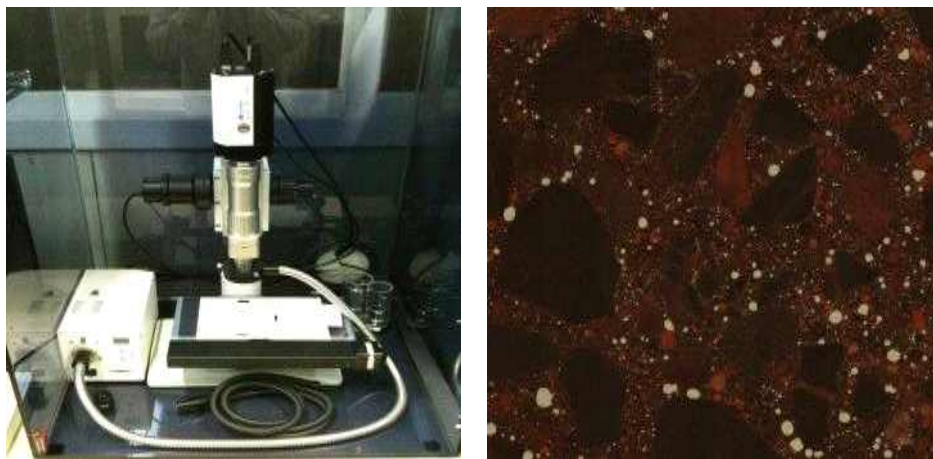
<그림 3.118> 동결융해저항성에 미치는 공기량의 영향
(콘크리트공학, 한국콘크리트학회(2011))

(2) 기포간격계수 검토

- 구리포천고속도로 5공구 구간의 M-CRCP 적용구간에 대하여 개발 장비가 통과하여 1차 콘크리트 포설작업 수행 시 혼합물 공기량 변화에 대한 영향을 검토하였다.
- 영향을 분석하기 위해서는 개발 장비가 지나간 후 시료를 채취하여 콘크리트의 공기량 및 공극구조를 분석하였고, 또한 시공 완료 후 코어채취를 통해 서로 변화가 있는지 관련 분석을 수행하였다.
- 굳은 콘크리트의 공극구조를 분석하기 위한 방법은 ASTM C 457에 규정되어 있으나 정밀한 분석이 어려워, 최근에는 공극의 정확한 직경, 둘레, 면적 등을 추출할 수 있는 화상 분석법(image analysis)을 사용하여 공극구조 분석을 실시하였다.(기포간격계수 $250\mu\text{m}$ 이하 여부 판별)



<그림 3.119> 콘크리트 공극구조 분석방법



<그림 3.120> 콘크리트 화상촬영기 및 처리 후 형상

- 화상분석실험을 통해 콘크리트의 공기량 만족여부를 판단하는 것은 한계가 있으므로, 간격계수 결과로 적정 연행공극 분포여부를 분석하고, 동결융해저항성을 확보하였는지를 판단한다.
- 화상분석결과 각각의 공정별 공기량은 다소 차이를 나타내었으나 단계별 공정이 콘크리트 공기량에 영향을 미친 것은 아니며, 화상분석실험의 경우 2차원단면분석으로 갇힌 공극의 분포여부에 따라 공기량은 변동될 수 있다.
- 구리포천고속도로 5공구의 공법 적용 구간의 시공일이 2016년 12월 7일로 아직 기포간격계수의 분석결과가 나오지 않았다.
- 이에 추후에 첨부하여 결과를 보고하도록 하겠다.

(3) 현장 품질시험 결과

(가) 휨강도, 압축강도, 동결융해저항성

<표 3.7> 기술 품질의 목표 및 기준

관련 법규 및 기준		품질기준 세부내용	비고
KS기준	해당 없음	해당 없음	-
한국도로공사 품질기준	KS F 2408	휨강도 4.5MPa 이상	시험시공현장 품질시험결과 증빙 첨부
	KS F 2456	동결융해저항성 80 이상	

- <표 3.8>는 2016년 12월 8일 구리포천고속도로 5공구 M-CRCP 현장적용 구간의 7일 압축강도 실험결과로 현재 평균 18.27MPa로 분석되었으며, 추후 28일 강도 실험 시 기준인 30MPa를 넘을 것으로 판단된다.
- <표 3.9>는 7일 휨강도 실험결과로 평균 4.02MPa로 측정되었고 28일 휨강도 측정 시 기준을 넘을 것으로 판단된다.
- 추후, 28일 강도 실험결과가 나오는 대로 첨부하여 보고하도록 하겠다.

<표 3.8> 7일 압축강도 실험 결과

구 분	No.	지름 (mm)	높이 (mm)	높이비	보정계수	하중 (kN)	압축강도 (MPa)
7일	#1	99.3	195.4	1.97	0.9976	139.9	18.02
	#2	99.7	195.5	1.96	0.9968	146.7	18.73
	#3	100.0	193.5	1.94	0.9952	142.5	18.06
	평균	18.27					

<표 3.9> 7일 휨강도 실험 결과

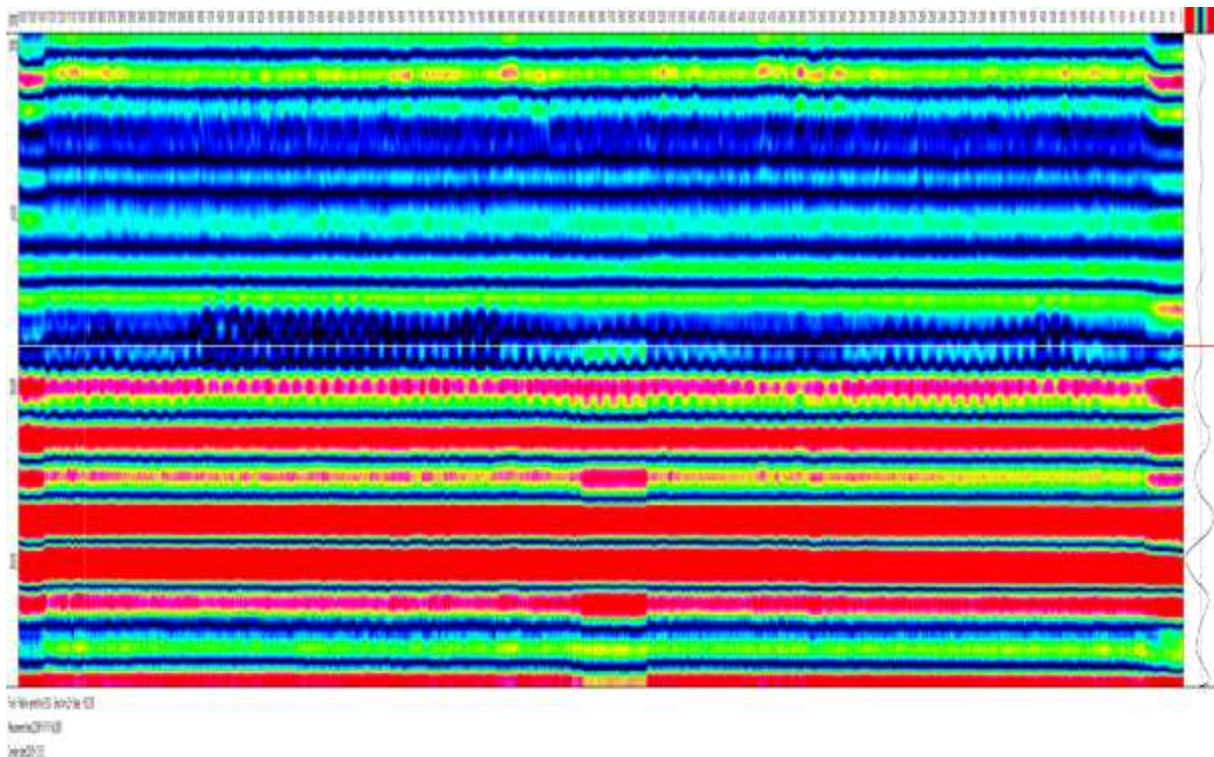
구 분	No.	지름 (mm)	높이 (mm)	지간 (mm)	하중 (kN)	휨강도 (MPa)
7일	#1	100.0	100.0	300.0	13.50	4.05
	#2	100.0	100.0	300.0	13.20	3.96
	#3	100.0	100.0	300.0	13.50	4.05
	평균	4.02				



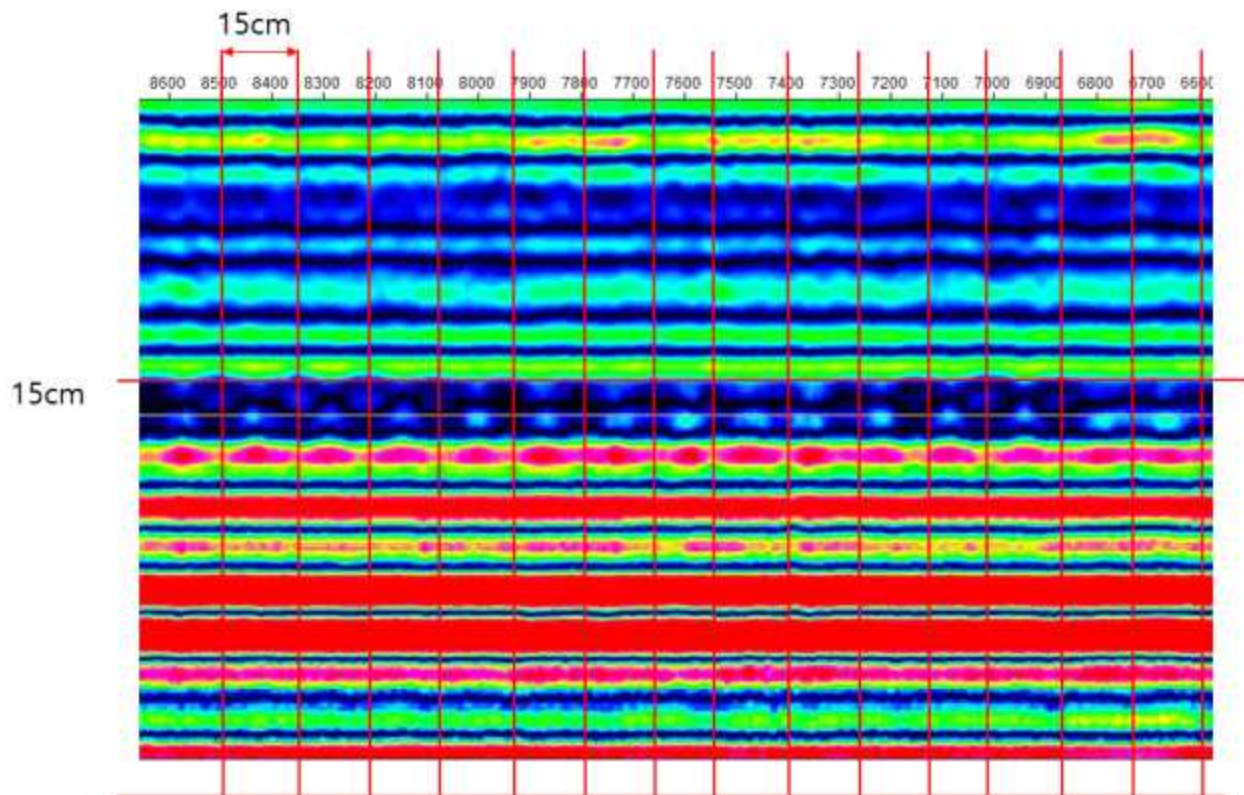
<그림 3.121> 7일 압축강도 및 휨강도

③ 철근의 정확한 배근

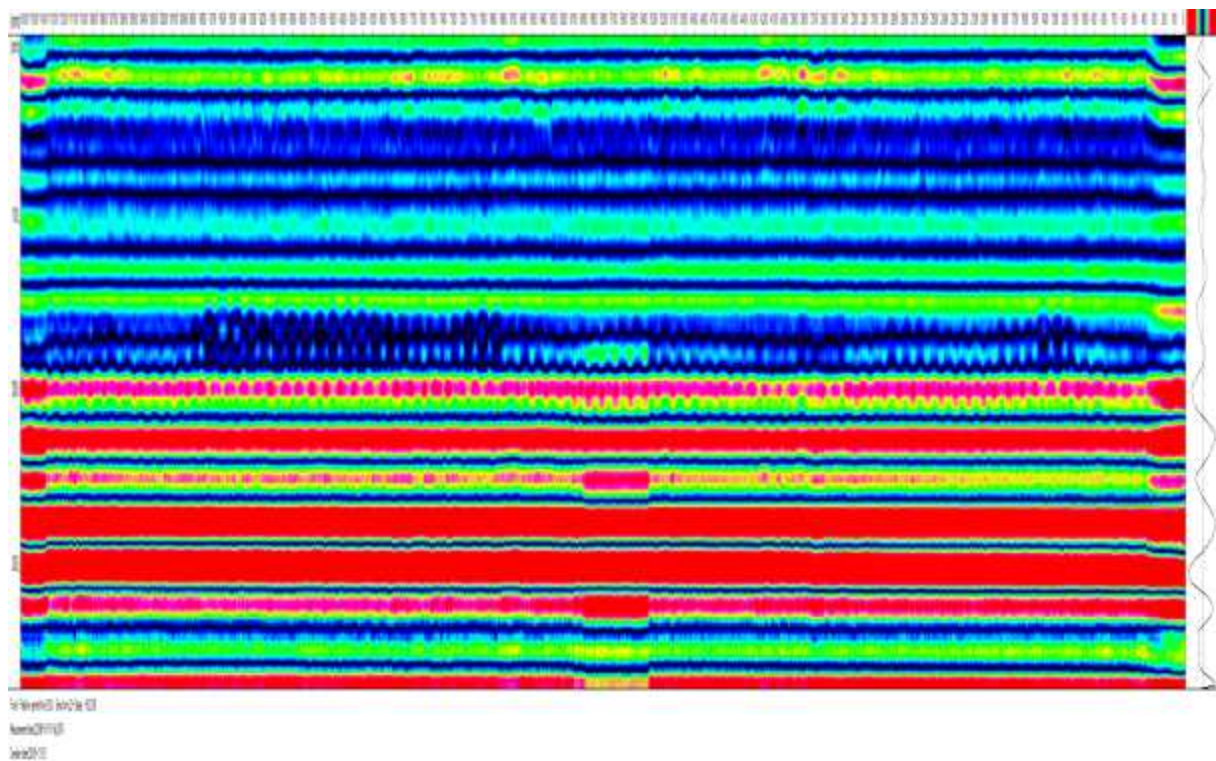
- 철근의 배근 위치를 확인하기 위해 RC Rader로 시공 구간(40m, 80m)을 측정하였다.



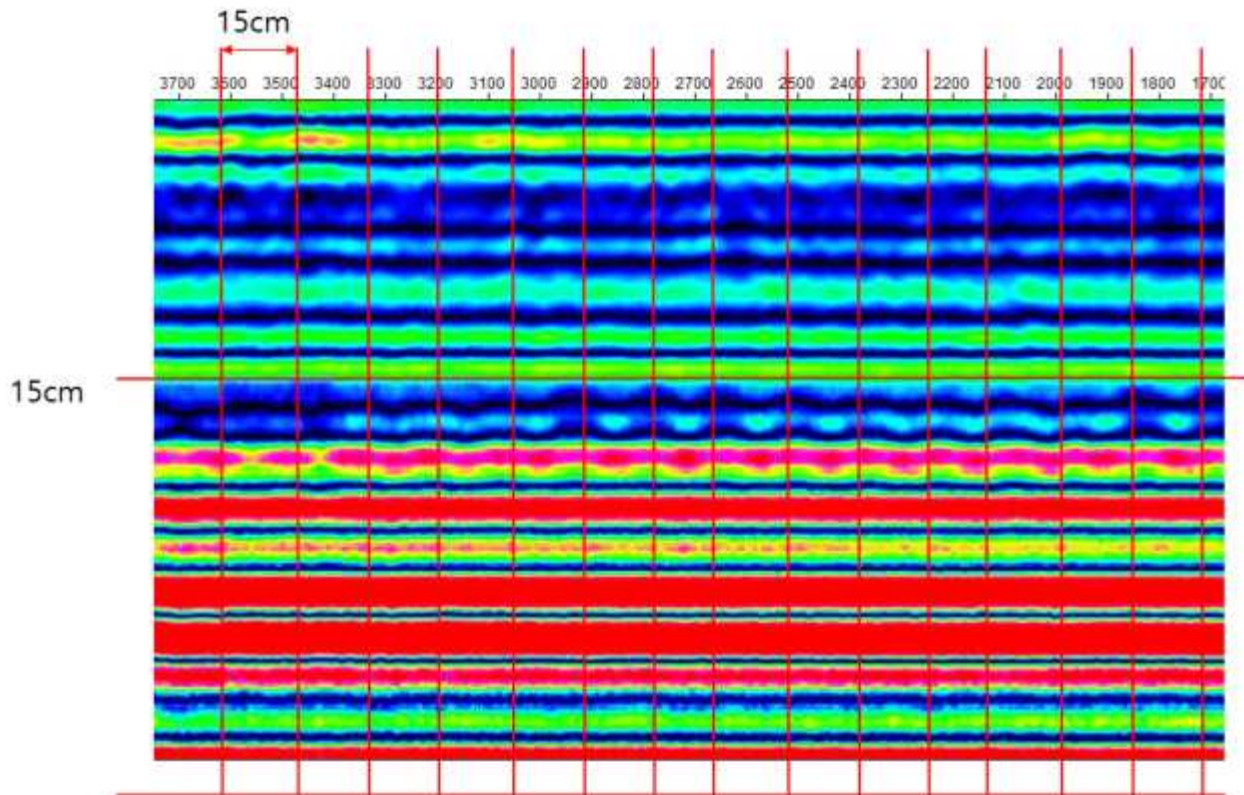
<그림 3.122> 40m 지점의 철근배근위치 분석(전체)



<그림 3.123> 40m 지점의 철근배근위치 분석 확대도



<그림 3.124> 80m 지점의 철근배근위치 분석(전체)



<그림 3.125> 40m 지점의 철근배근위치 분석 확대도

- <그림 3.123>, <그림 3.125>와 같이 철근은 포장면에서 약 15~16cm 밑에 있는 것을 확인하였다.
- 철근간격 또한 일정한 간격(약 15cm)를 보이는 것을 알 수 있다.
- 기존에 설계했던 포장면에서 $15\text{cm} \pm 1.5\text{cm}$ 의 철근배근깊이를 만족하고 철근배근간격 또한 $15\text{cm} \pm 2.5\text{cm}$ 를 만족하는 것을 확인하였다.
- 이에 목표로 했던 철근 배근 관련 기준은 만족하였고 특히, 1차 시공 때 발생한 문제점인 양 측면과 중앙의 위치 차는 거의 발생하지 않았으며, 이를 통해 개선 장비가 해당 문제를 해결하였다고 판단된다.

④ 평탄성 측정 결과

- 시공구간의 추월차로와 주행차로에서 IRI 값을 측정하였다.
- 시공구간의 평탄성을 측정한 결과 $\text{IRI}(\text{m/km})$ 1.6 이하를 만족하는 것으로 확인되었다.
- <표 3.10>은 IRI의 측정시 사용한 데이터들의 기본 값과 단위로 이와 같은 기준으로 측정하였다.

<표 3.10> IRI 측정 데이터 정보

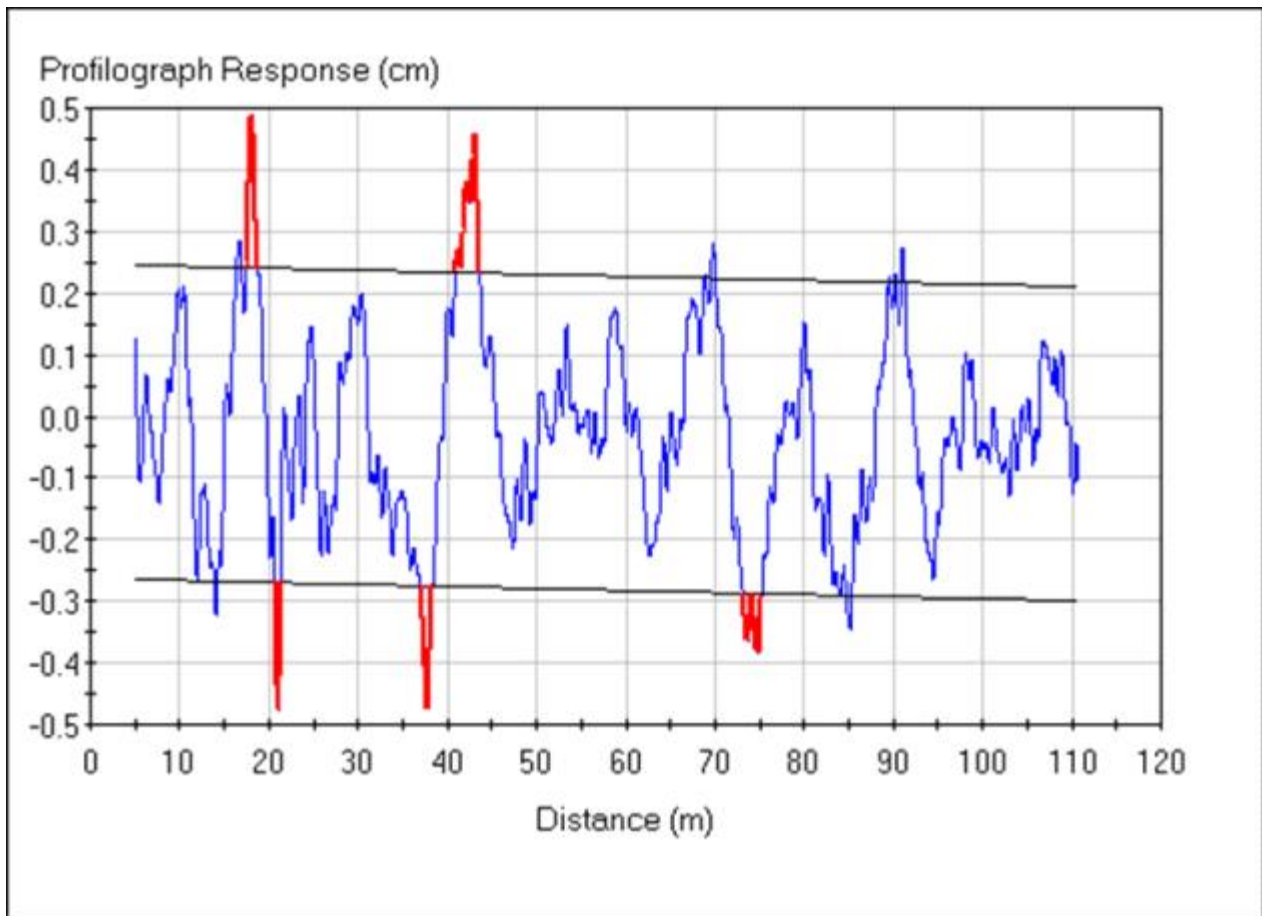
Property	Value	Unit
Offset	0	m
Sample Interval	25	mm
Total Length	115.7	m
Start Location (for Point Reset)	0	m
Stop Location (for Point Reset)	115.7	m
Lead-In Location	0	m
Lead-Out Location	115.7	m

<표 3.11> 주행차로 IRI 측정 결과

Channel Title	IRI (m/km)	PTRN (m/km)	RN
PROFILE	1.48	2.37	3.42

Scallops

Location (m)	Type	Height (cm)
17.5 to 18.7	Up	0.25
20.7 to 21.3	Down	0.25
37.0 to 38.4	Down	0.25
40.9 to 43.6	Up	0.25
73.1 to 75.2	Down	0.13



<그림 3.124> 주행차로 IRI 측정 자료

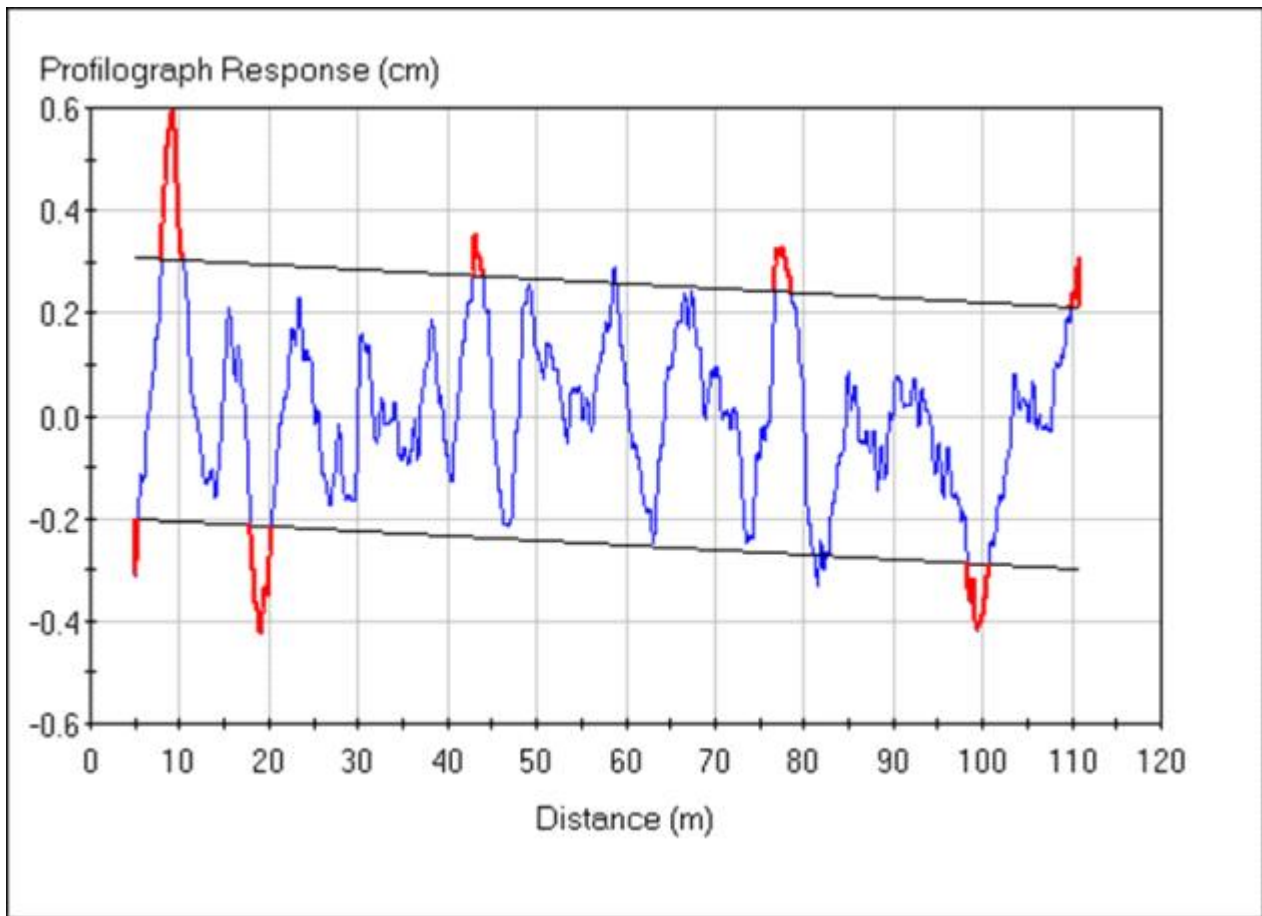
- <표 3.11>과 같이 주행차로의 IRI는 1.48m/km로 측정되었다.
- 또한 추월차로의 IRI 값은 <표 3.13>과 같이 1.35m/km로 측정되었다.
- 이를 통해, 시공구간의 IRI 값이 기준을 만족하는 것을 확인하였다.

<표 3.12> 추월차로 IRI 측정 결과

Channel Title	IRI (m/km)	PTRN (m/km)	RN
PROFILE	1.35	1.85	3.72

Scallops

Location (m)	Type	Height (cm)
5.0 to 5.4	Down	0.13
8.0 to 10.4	Up	0.25
18.0 to 20.3	Down	0.25
42.9 to 44.0	Up	0.13
76.7 to 78.6	Up	0.13
98.3 to 100.7	Down	0.13
109.9 to 110.9	Up	0.13



<그림 3.124> 주행차로(3차로)의 우측휠패스 IRI 측정 자료

8. 유지보수 관리 지침서

가. 개요

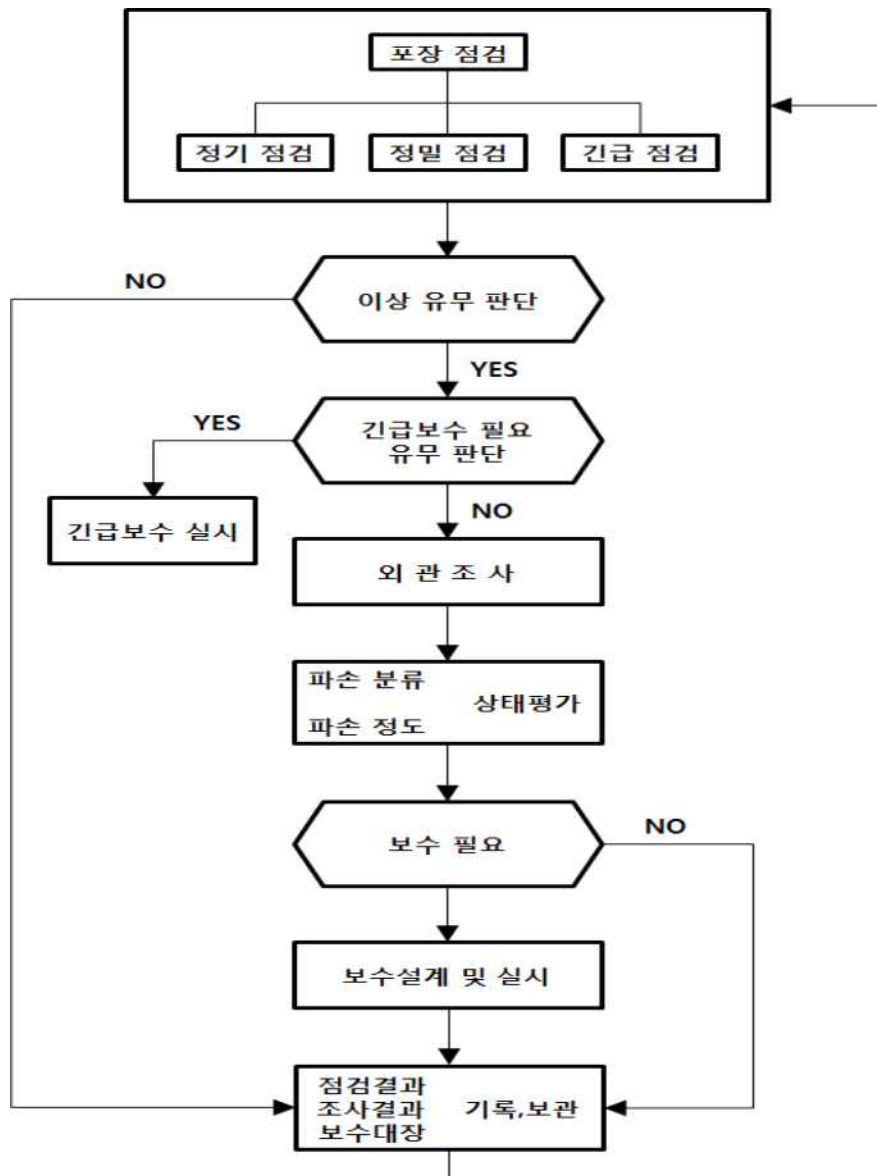
- 본 유지관리지침서는 철근유도장비를 이용하여 콘크리트 설계단면 위치에 연속적으로 종방향 철근을 자동 배근하는 연속철근콘크리트 포장 공사에 적용한다.
- 점검업무는 현장에서 실시하는 점검작업과 점검결과 발견된 손상의 보수 및 손상의 발생과 진전에 영향을 미칠 위험이 있는 주변환경 등의 상태조사 등으로 구분되는 외업과 이와 같은 일련의 업무 및 관련자료의 정비 등으로 구분되는 내업을 포함하며 다음과 같다.

<표 3.13> 외업과 내업의 구분

외 업	내 업	비 고
· 포장상태의 외관조사 · 손상 및 파손에 대한 정밀조사 · 손상 및 파손과 관련한 주변환경 조사	· 조사 및 점검결과에 대한 보고서 · 조사 및 점검자료의 정비 · 계측을 통한 평가 · 손상 및 파손의 원인 분석 · 현재상태의 건전도 평가 · 향후 건전도 예측 · 응급조치	

2) 유지관리 흐름

□ M-CRCP 콘크리트 포장의 유지관리 흐름도는 그림 101와 같다.



<그림 3.125> M-CRCP 콘크리트 포장의 유지관리 흐름도

나. 점검의 종류

- 점검은 정기, 정밀 및 긴급점검으로 구분되며 이를 근거로 주간 도보점검, 정기점검, 정밀점검은 초기점검과 정기적 정밀점검으로 세분하고, 긴급점검은 손상점검과 특별점검으로 세분되며, 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정되는 경우에 실시한다.

(1) 정기점검

(가) 주간차량주행점검

주간차량주행점검은 차량주행에 직접 관련된 항목의 점검이므로 매주 실시하고, 필요 시 수시로 실시한다.

(나) 정기점검

-
- ① 경험과 기술을 갖춘 자에 의한 순찰정도 수준의 점검이나 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함의 가능성을 조기에 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.
 - ② 정기점검은 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함) 다음 반기부터 반기별 1회 이상 실시하며, 정밀점검, 긴급점검 및 정밀안전진단의 현장조사기간과 중복되는 경우 생략할 수 있다. 점검결과 중대한 결함이 있는 경우에는 즉시 보고하고 ‘법’ 11조의 규정에 따라 즉시 행정기관의 장에게 통보하여야 한다.
 - ③ 외형상 확연히 나타나는 손상 및 결함은 특기사항으로 기입한다.

(2) 정밀점검

(가) 초기점검

- ① 초기점검은 정밀점검 및 긴급점검을 실시할 수 있는 책임기술자의 자격을 갖춘 자가 수행하여야 한다.
- ② 초기점검의 목표는 관리주체가 포장 유지관리를 하는데 필요한 초기치와 기초 자료를 얻기 위함이며, 또한 포장에 대한 조사·관찰로 현재 발생한 결함 및 잠재 발생하기 쉬운 결함을 조사하여 시설물의 상태평가항목 및 중점 유지관리항목의 파악을 하는 것이다.
- ③ 초기치를 얻기 위하여 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

(3) 정기적 정밀점검

- (가) 포장의 현상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용 요건을 만족시키고 있는지 여부를 판단한다.
- (나) 정기점검보다 비교적 정밀육안검사와 간단한 측정기구를 이용하여 점검한다.
- (다) 정밀점검은 전회의 정밀점검 완료일을 기준으로 2년에 1회 이상 실시하고 이전의 점검·진단시 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 상태를 평가하고 정밀점검 내용, 결과 및 조치 필요사항 등을 기록하고 상태평가등급을 결정한다. 결함이 신규로 발생 또는 진전된 부재는 외관조사망도를 작성하여 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.
- (라) 포장에 중대한 결함이 발생하거나, 상태평가등급이 불량할 경우 관리주체에 즉시 보고하여야 하며, 관리주체는 정밀진단조사를 실시한다.

(4) 긴급점검

- 긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우나 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에 긴급점검의 요청이 있을 때 실시하는 점검으로서 손상 점검과 특별점검으로 구분된다.

(가) 손상점검

- 손상점검은 비계획적인 점검으로 재해나 사고에 의해 비롯된 시설물의 손상을 긴급히 점검하는 것이다. 점검의 범위는 손상의 정도, 긴급한 사용제한 또는 사용

금지의 필요 여부, 보수·보강의 긴급성, 보수·보강작업의 규모 및 작업량 등을 파악하여 결정하는 것이며 이를 위하여 측정·시험을 실시하여야 한다. 점검자는 사용제한 및 사용금지 여부를 판단하여 필요할 경우에는 즉시 관리주체에 보고하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

① 1차점검

- 강풍, 지진 등의 자연재해가 발생하여 교통규제를 해제하기 위한 기술적 판단자료를 얻기 위해 주로 육안 관찰에 의한 포장의 변화상태를 파악하여 이용자에게 지장이 되는 변화상태를 조기에 발견하는 것을 목적으로 하는 점검이다.

② 2차점검

- 강풍, 폭설, 지진 등의 자연재해가 발생하여 1차점검을 실시한 결과 포장에 어떤 이상이 예상되던가 또는 발견시 육안관찰 및 간단한 측정기구에 의한 확인으로 포장의 세부 변화상태를 파악하여 상태 평가 자료를 얻기 위한 것을 목적으로 하는 점검이다.

(나) 특별점검

- 특별점검은 정밀점검의 수준으로 실시되는 점검으로서 사용제한 중인 포장의 지속적인 사용여부를 판단하기 위함이 주목적이며 점검시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다. 또한, 중점 유지관리 사항을 파악하고 향후 안전점검 및 정밀안전점검 조사 시 상태 및 안전성 평가의 기초자료인 각종 초기 값들을 구하는 것이 주목적이다.

(5) 정밀안전점검

- 정밀안전점검은 정밀한 육안조사와 시험·측정장비 및 기기를 사용하여 시설물의 물리적·기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 조치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 검토·분석·평가함과 더불어 보수·보강방법을 제시하는 행위이다.
- 포장의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수대책공법 제시를 전제로 하여 결함 및 손상원인을 규명하고, 보수·보강공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 항목별로 정밀하게 조사하여야 한다. 필요시 추가조사 항목은 관리주체와 협의하여 실시한다.

다. 점검 실시시기

- 점검종류별 점검주기는 다음과 같다.

<표 3.14> 점검종류별 점검주기

점검종류(안)		점검 주기	비 고
안전점검	주간점검	1회/주	
	정기점검	1회/6개월	
	정밀점검	1회/2년	
	긴급점검	필요시	폭풍시, 지진시 등
정밀안전점검		준공후 10년 경과 후 1년 이내 / 5년마다	

라. M-CRCP 공법의 유지보수

(1) 포장 파손별 분류

<표 3.15> 포장 파손별 분류

구 분	파 손 형 태	비 고
구조적 파손	종방향 균열	
	편치아웃	
기능적 파손	종방향 줄눈 실런트 손상	
	균열부 스폐링	
표면결함	스케일링	
	마모(골재노출 포함)	
	망상형 균열	깊이 5mm내외

(2) 파손별 보수 방안

(가) 콘크리트 표면처리 방법

- 포장 면에 스케일링, 마모, 망상형 균열과 같은 표면결함으로 콘크리트 표면의 일부가 벗겨져 탈리되었을 경우 파손부위의 깊이가 10mm 이하일 경우 슬러리시일로 임시 보수하며 표면결함의 깊이와 규모가 광범위할 경우 아래 보수 방법 및 순서에 따라 시행함. 보수범위를 결정하여 손상된 부위를 절삭하고 손상 정도에 따라 워터젯 또는 워터블라스팅을 실시하여 열화부를 제거한 후 초속경계열의 콘크리트로 패칭한다.



(나) 종방향 균열 보수 방법

- 하부지반의 문제나 종방향 줄눈 유도 시기의 지연으로 종방향 균열이 발생할 경우 균열 폭과 정도에 따라 다음과 같은 보수 방법에 의한다.

- ① 균열폭 1mm초과~3mm의 균열: 균열발생부위를 에폭시 주입 방법으로 실링한다. 이 방법에서 균열부는 그대로 두고 균열부 전 깊이에 에폭시 수지를 주입하여 균열 진전을 방지한다. 에폭시는 균열내부로 고르게 충전되도록 일정한 속도와 압력을 유지하도록 한다.
- ② 균열폭 3mm 이상의 균열: 균열발생 부위를 부분단면 보수한다. 균열발생 부위가 점차 스폐링으로 진전될 수 있기 때문에 균열부를 깊이 5cm 이내로 홈통모양 또는 V형으로 절삭하여 보수면 아래는 에폭시 주입에 의한 실링작업을 실시하고 절삭부위는 초속경계열의 모르터로 그라우팅한다. 이때 절삭면은 깨끗하게 손질하고 절삭에 의해 발생된 콘크리트 조각 및 분진은 에어 컴프레셔로 완전히 제거한다.

<표 3.16> 보수 시행 순서

보수 전처리	
↓	.와이어브러쉬, 고압공기 등을 이용하여 시공할 면을 깨끗이 청소 .에폭시는 습기에 약하므로 균열부위는 건조상태를 유지
에폭시 주입 또는 찢림	
↓	.주입기구 : 주사기 등 .균열 위로 흘러내릴 정도로 충분한 에폭시를 주입
양 생	
↓	.균열보수에 사용된 에폭시 제조회사에서 규정한 양생시간을 준수 .양생시간 : 대기온도 20℃기준 3시간 ~ 12시간 양생

- 하부지반의 문제등으로 줄눈의 벌어짐이 과대하여 종방향 줄눈부 스폐링 및 타이가 끊어지는 등의 문제가 발생할 경우 다음과 같은 보수 방법에 의한다.

- ① 스폐링으로 인한 포장 파손의 경우: 포장두께의 1/3을 절삭 및 파쇄한 후 아래 유지보수 공정과 같이 절삭부를 에어건등으로 깨끗이 청소한 후 콘크리트 포설 및 양생을 실시하여 보수를 시행.
- ② 과대한 벌어짐으로 인한 타이바의 손상 및 줄눈부 스폐링의 경우: 전단면에 대하여 절삭 및 파쇄를 실시한 후 아래 유지보수 공정과 같이 보수를 시행함.



4. 철근 배근



5. 콘크리트 포설 및 마무리



6. 양 생



7. 커 팅



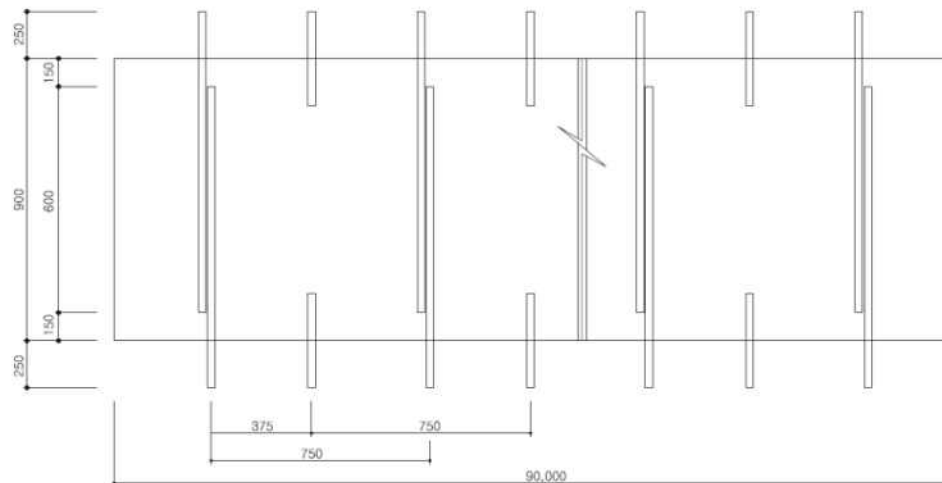
8. 백업재 설치



9. 줄눈재 설치(실런트)



※ 이때 종방향 줄눈부의 타이바 및 신규 콘크리트 점착을 위한 철근 배근은 <그림 3.126>과 같이 실시한다.



<그림 3.126> 종방향 줄눈부 전단면 유지보수 시 철근 배근도

- 타이바 설치 시 <그림 3.127>의 (b)와 같이 천공한 구멍에 에폭시를 주입 후 철근을 설치함으로써 충분한 부착력이 확보될 수 있도록 한다.



(a) 철근에 에폭시를 묻혀 시공(×)



(b) 에폭시 주입 후 철근 삽입 설치(o)

<그림 3.127> 타이바 설치 방법

(다) 균열부 스폐링

- 균열 부위에서 스폐링으로 진전하여 보수가 필요로 하는 경우 스폐링 발생부위의 보수범위를 결정하여 부분단면 보수를 실시한다. 부분단면 보수 범위를 결정할 때 파손된 부분의 면적보다 10cm 정도 크게 선정하고 면전은 직사각형 형태로 설정한다. 부분단면 보수는 최소 40mm의 깊이로 절삭하며 콘크리트 절삭은 콘크리트 파쇄기 또는 절삭 장비를 이용하여 손상된 콘크리트를 제거한다. 절삭 후 노출면은 워터젯(스핀젯:소규모 워터젯 장비) 장비 등을 이용하여 열화부 콘크리트를 제거하여야 한다. 보수재료는 초속경계열의 콘크리트를 적용하여 단시간에 교통개방이 가능하도록 한다.

※ 시공은 콘크리트 표면처리 방법의 시공방법과 동일하게 시행한다.

(라) 종방향 줄눈재 파손

- 실린트의 찢어짐 및 탈리가 발생한 경우 실린트를 제거한 후 제거부위의 이물질을 완전히 제거한 후 백업제를 재시공 후 실린트를 주입하여 재시공한다.

(마) 편치아웃 파손

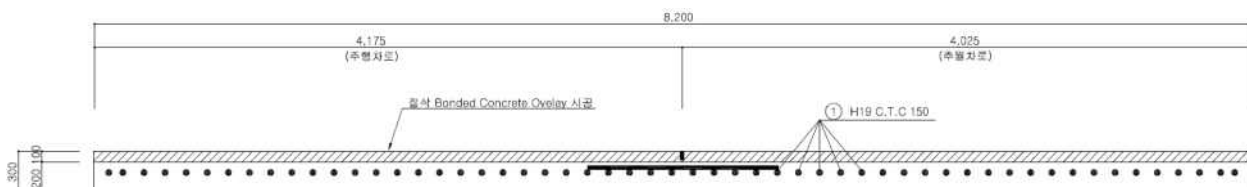
- 국부적인 편치아웃 파손 발생 시 보수범위를 결정하여 파손 깊이만큼 절삭하여 보수를 실시한다. 보수범위는 파손된 부위보다 10cm이상 넓게 하여 정사각형 또는 직사각형 형태로 설정한다. 파손범위가 결정되면 이 부분에서의 콘크리트를 제거한다. 콘크리트 제거 시 포장 중심에 위치한 철근에 유의하여 절삭한다. 콘크리트 절삭이 완료되면 워터젯을 이용하여 절삭부의 콘크리트 열화부를 제거한다. 신속한 보수작업을 위하여 초속경계열의 콘크리트를 사용하는 것이 바람직하며 양생이 완료된 후 교통개방 한다.

※ 시공은 콘크리트 표면처리 방법의 시공방법과 동일하게 시행한다.

- 편치아웃 파손은 대부분 포장 하부의 문제로 인하여 발생하는 경우이기 때문에 포장 하부 문제에 의한 파손일 경우 하부지반에 대한 보강대책(하부지반 그라우팅 또는 전단면 보수등)을 수립 후 포장보수를 실시한다.

(바) 덧씌우기 및 재포장

- 설계공용수명에 도달하여 더 이상 서비스되기 어렵다고 판단되는 경우 덧씌우기를 시행하여 포장의 수명을 연장하거나 재포장을 실시한다.
- 절삭 덧씌우기의 경우 아래와 같이 일정깊이를 절삭 후 재포장을 실시한다.





(3) 보수대장의 작성

- 보수대장에는 보수일자와 보수 방법, 보수 내용 등 보수작업에 관련된 일련의 사항을 기록한다. 다음은 보수대장에 대한 일례를 나타낸 것이다.

<표 3.17> 보수대장 작성의 예

구간정보	• 보수구간: 00고속도로 STA0+000(00방향) • 보수일자: 2000년 00월 00일 오후00시 • 작업자: 홍길동	
파손구분	종방향 균열	
보수범위	00m	
보수재료	에폭시	
기타사항	균열폭 0.00mm의 비활동성 균열 향후 균열진전 가능성 없음	
사진대지		
	보수 전	보수 후

9. 결론 및 향후계획

- 연구의 최종 성과기준과 달성한 성과를 확인한 결과, 일부 실험이 끝나지 않은 성과를 제외하면 전부 만족한다고 판단된다.
 - 구리포천고속도로 5공구 콘크리트포장 구간에 시험시공(현장적용) 후 철근위치를 확인한 결과, 철근의 깊이와 간격이 정위치에 배근된 것을 확인하였다.
 - 휨강도는 7일강도 측정 결과, 4.02MPa를 보이고 있으며, 28일 휨강도 측정 시 목표치인 4.5MPa를 넘을 것으로 판단된다.
 - 기포간격계수와 동결융해저항성 시험은 시험시공 일로부터 최종보고서 제출일까지의 기간동안에 완료되지 않기 때문에 추후, 시험결과서를 첨부하여 예정이다.
- 본 연구를 통해 기존의 분리되어 있던, 슬립폼페이퍼(SP1600)와 철근유도장치를 일체화 하였으며, 이를 통해 시공량 증가, 공가비절감의 효과를 확인하였다.
 - 철근유도장치와 슬립폼페이퍼(SP1600)을 일체화하여 시험시공(현장적용)을 실시한 결과, 시험시공(현장적용) 구간이 3차로로 시공되어 스프레더를 통한 콘크리트 공급에 차질이 생겨 기존 장비의 시공량 대비 약 10% 정도 증가하였다.
 - 2차로에 시공을 실시할 경우 10% 이상 시공성이 증가할 것으로 판단된다.
 - 추후 3차로 시공 시 스프레더의 용량을 미리 확대하여서 콘크리트 공급을 원활히 진행할 경우, 더 높은 효율성을 보일 것으로 판단된다.
- 연구를 진행하면서 발생한 문제들을 해결하기 위해 타이바삽입장치(TBI), 자체주행장치, 전자식 스티어링 시스템을 개발하여 제작하였으며, 이를 통해 발생한 문제를 해결하였다.
 - 타이바삽입장치(TBI)의 경우, 기존의 방식대로 타이바를 삽입 시 골재가 밀리는 현상이 발생하여 타이바 삽입위치에 모르타르가 채우는 결과가 발생하여 포장면의 평탄성과 정위치에 배근이 되지 않는 문제가 발생하므로, 철근유도장치에 타이바삽입장치를 개발/설치하여 보다 정확하게 철근이 설계위치에 배근될 수 있도록 하며, 슬립폼페이퍼(SP1600)이 지나기 전에 배근을 하기 때문에 포장면과 상태에 영향을 미치지 않도록 하였다.
 - 자체주행장치는 기존의 방식은 스프레더의 동력에 의해 구동되었으나, 스프레더가 일체화에서 제외됨에 따라 시공 시작과 종료 시 마무리 작업을 위한 공간확보를 위해 철근유도장치의 이동이 필요해 짐에 따라 자체구동장치를 개발하여 장착하였다.
 - 자체주행장치는 차로 폭 내에서 작동할 수 있도록 사이즈를 최소화 및 바퀴의 높낮이를 조절이 가능하도록 하여 시공 초기와 마무리 시점에서만 지지하여 운영할 수 있게 하며, 시, 종점 운행 시 철근유도장치의 원활한 운행이 가능하도록 보조주행용 바퀴를 추가로 설치하였다.
 - 전자식 스티어링 시스템은 기존의 방식인 노면을 따라 철근이 배근되게 하는 방식은 노면이 평탄하지 못한 구간에서 철근이 정위치에서 위, 아래로 높낮이가 달라지게 되는 문제가 발생하여, 이를 해결하기 위해 포장면의 측량 값에 따라 설치된 센서 라인에 따

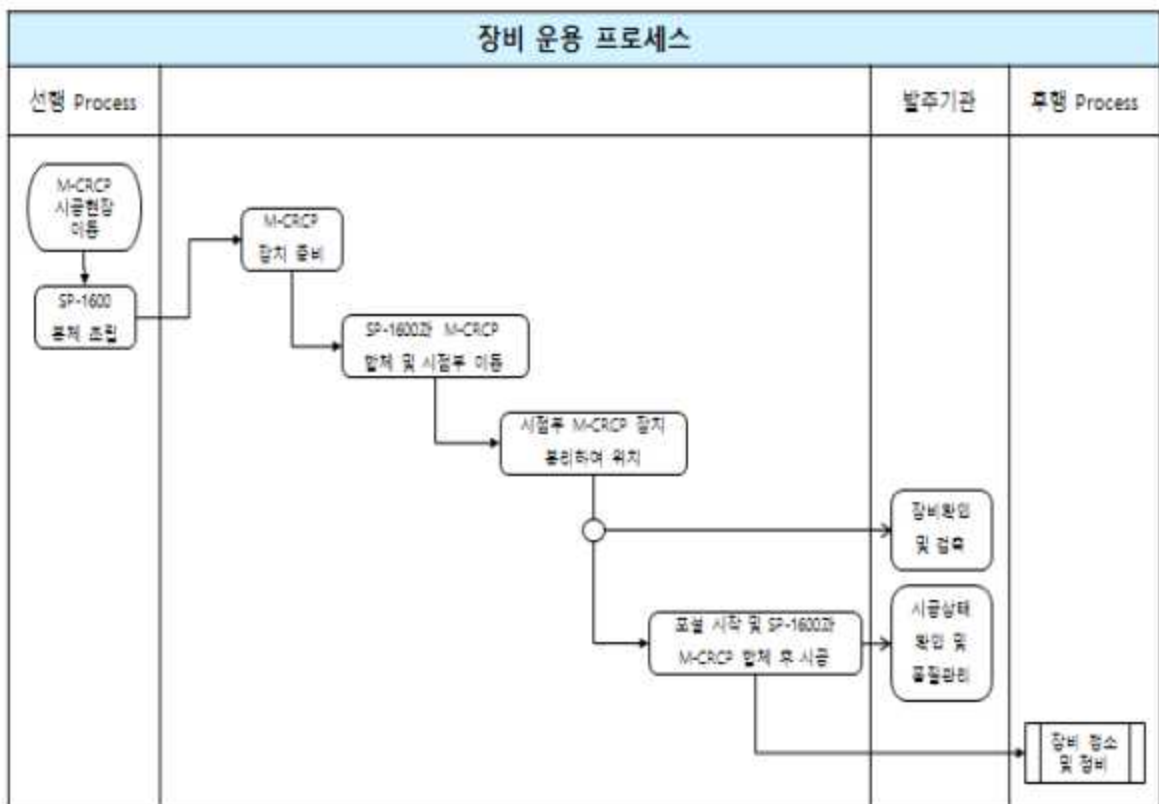
라 최종 포장면에서부터 포장의 중심에 배근되도록 설계하여 제작하였다.

- 또한, 모의시공과 시험시공(현장적용)의 2건의 시공을 실시하였으며, 사업화 시 발생할 수 있는 문제점을 해결하여 사업화 가능하게 되었다.
- 시험시공(현장적용) 시 구리포천고속도로 5공구 공법 적용 구간에 3차로 장비를 제작하여 시공하였으며, 기계식 연속철근콘크리트포장이 2차로 뿐만 아니라 3차로에도 가능하다는 것을 확인하였다.
- 1차 모의시공(청원연구소 부지)에서 발생한 문제점(타이바, 철근배근, 구동장치 등)을 2차 시험시공(현장적용, 구리포천고속도로 5공구) 시 보완하여 시공하였고, 2차 시험시공(현장적용)은 현장 사정에 의하여 2차로가 아닌 3차로 시공이 필요해 짐에 따라 연구 마지막에 3차로 시공이 가능하도록 장비를 설계/제작하여 시공하였다.
- 1, 2차 시공을 통해 일체화 장비의 시공성을 확인하였고 목표로 했던 성과를 모두 만족시킬 수 있었다.
- 추후, 호주, 미국, 말레이시아 등 해외 진출과 국내에 개발 장비를 활용할 수 있도록 사업화를 진행 중이며 이른 시일 이내에 결과를 볼 수 있을 것으로 판단된다
- 현재 기술의 우수성 및 독창성을 인정 받아 미국 특허를 확보하였다.
- 또한, 호주의 경우 호주 콘크리트 포장 협회에서 M-CRCP에 대한 관심을 보이고 2017년 ASCP(호주 콘크리트 포장 협회 컨퍼런스)에서 참석하여 기술을 소개하기로 하였다.
- 말레이시아의 경우, 현재 본 공법을 적용하기 위해 사업화를 진행 중이며 말레이시아 특허 등록이 가능할 것으로 판단되며 현지 사업화에 도움이 될 것으로 판단된다.

M-CRCP 일체화 장비 운용 매뉴얼

- 1 -

Process Map



- 2 -

장비 운용 절차서

Activity	수행 절차	비고
장비 준비	1) M-CRCP 장치를 SP-1600 장비 전면 중앙에 위치시킨다.   2) SP-1600 장비와 M-CRCP 장치의 연결라인을 확인한다. 3) 두 장비와 장치의 전기 및 유압 라인등을 연결한다. - 연결 단자 번호 확인  	• 장치 연결

- 3 -

장비 운용 절차서

Activity	수행 절차	비고
장비 준비	4) 링크암을 이용하여 M-CRCP 장치를 SP-1600 장비에 고정한다.    	• 튜브 및 장치 받침 설치 확인

- 4 -

장비 운용 절차서

Activity	수행 절차	비고
장비 준비	5) 높이 조절이 원활히 이루어 지는지 시험작동을 1~2회 수행/확인한다.  6) 호퍼 작동 확인을 위하여 시험작동을 1~2회 수행/확인한다. 7) 타이바 삽입장치의 타이바 설치 작동 여부를 확인한다.	• 타이바 거치대 삽입

- 5 -

장비 운용 절차서

Activity	수행 절차	비고
시공 시 장비 운용	1) 최초 호퍼에 콘크리트를 1/2이상 채운 후 장비를 진행 시킨다. 2) 포설 진행 시 호퍼의 1/3이상 콘크리트로 채워져 있는 상태로 작업이 진행될 수 있어야 한다.  3) 콘크리트 공급이 원활하지 못할 경우 SP-1600장비를 정지시키고 콘크리트 공급이 이루어질 때까지 대기한다. -대기 시간이 30분이상일 경우 호퍼 상단에 그늘막 또는 비닐을 덮어야 한다. 4) 포설이 완료되면 SP-1600과 M-CRCP 장치의 연결단자를 분리한 후,	• 콘크리트 품질 확보

- 6 -

장비 운용 절차서

Activity	수 행 절 차	비고
시공 시 장비 운용	5) M-CRCP 장치의 주행 바퀴를 바닥면에 위치될 수 있도록 독립주행 제어장치의 레버를 작동시켜 내린다.  6) 조향 및 지지 바퀴를 위치 시킨다 	• 콘크리트 품질 확보 • 타이바 거치대 삽입

- 7 -

장비 운용 절차서

Activity	수 행 절 차	비고
시공 시 장비 운용	7) M-CRCP의 독립주행 제어장치의 전진 및 후진 레버를 이용하여 시공 전면으로 이동 시킨다. - 이동속도는 시속 10km 이하로 운행한다.  8) 고압수를 이용하여 장비를 청소 및 정비한다.	

- 8 -

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

구분	핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		최종 성과점검기준							양적 성과
					질적 성과지표		목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관	A	공법개발	A-1	제품성능 목표 달성도	①	휨강도	4.5이상	시험시공 시 측정	KS F 2408	품질시험	2	
					②	동결융해저항성	80이상	시험시공 시 측정	KS F 2456	품질시험	2	
					③	기포간격계수	250 μ m 이하	시험시공 시 측정	공극분석	품질시험	2	
					④	철근배근위치(간격)	15cm $\pm$ 25mm	시험시공 시 측정	철근탐지기 or 직접확인 (코어링)	현장조사	4	
					⑤	철근배근위치(깊이)	포장체 두께 중심 $\pm$ 15mm			현장조사	5	
	B	장비/운용안개발	B-1	지침매뉴얼 개발 및 보급	①	매뉴얼	1건	완료 (과제종료시점 보완예정)	건수	매뉴얼	5	
	C	일체화장비개발	C-1	시제품출시건수(시작품)	①	일체화장비시제품	350m ³ /일 이상 시공 (45m ³ /hr)	완료	1일시공물량	현장적용	20	
	D	모의/시험시공	D-1	현장적용 건수	①	일체화 장비 이용 시공	2건	모의시공 1건 완료 / 시험시공 1건 예정	건수	현장적용	15	시공건수: 2건
	E	공사비/용절감효과	E-1	공사비절감 비교	①	기존공법과 공사비비교	7%이상절감	완료	공사비 비교	공사비소요내역	5	
	F	사업화	F-1	논문발표	①	논문	2건	완료	건수	논문건수	5	논문발표: 2건 기술기사: 1건 국외논문(SQ): 1건
			F-2	지적재산권	②	특허출원	2건	완료	건수	특허출원건수	10	간접기술: 1건 특허: 출원 1건 등록 2건
			F-3	사업화실적	③	사업화실적	1건	추진중	건수	현장적용건수	20	
	G	시방서개발	G-1	지침매뉴얼 개발 및 보급	①	시방서	1건	완료 (과제종료시점 보완예정)	건수	시방서	5	
계											100	특허: 출원 1건 등록 2건 논문발표: 2건 논문 (SQ): 1건 시제품: 1건 시공건수: 2건

제5장. 연구개발성과의 활용계획

구분		활용분야	활 용 방 안	사업화 및 추가연구
현장 적용 방안 (계획)		신설포장	■ 일반포장구간, 분리 구간, 터널구간등에 적용	- 일반구간 뿐만 아니라 협소구간 및 특수구간의 시공 추진을 통해 사업화
실용화 제품화 방안	국내	신설포장	■ 일반포장구간, 분리 구간, 터널구간등에 적용	- 일반구간 뿐만 아니라 협소구간 및 특수구간의 시공 추진을 통해 사업화
		광장부 및 주차장 포장	■ 광장부 및 주차장 포장에 활용	- 광장부 및 주차장 포장 공법으로 사업화 추진
		콘크리트포장 덧씌우기	■ 기존 노후 콘크리트 포장의 덧씌우기 포장 공법으로 활용	- 국외 시공사례연구 수행 - 국내 시공, 환경조건등을 고려하여 추가연구수행
	국외	신설포장	■ 미국, 유럽, 중국등의 CRCP포장이 널리 보급된 해외시장 진출	- 미국, 유럽: 도심지역의 교통량이 많은 신설포장 및 확장구간 - 중국, 인도, 몽골: 개발이 활발히 이루어지는 국가의 신설포장 진출
신산업 창출		교면포장	■ 현재 많은 문제를 야기하는 접속슬래브의 문제를 해결	- 교량과 접속슬래브를 일체 시공할 수 있는 SEAMLESS공법 연구 개발
		항만포장	■ 항만터미널 포장에 활용	- 항만시설의 터미널 포장으로 사업화 추진
		공항포장	■ 공항의 유도로, 주기장, 에이프런에 활용	- 공항포장 공법으로 사업화추진

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기 타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	기타	건설신기술	(주)삼우 아이엠씨	주	대한민국		2014.08.26		
2	특허	철근 유도고정 장치	(주)삼우 아이엠씨	주	대한민국		2015.10.15		
3	특허	METHOD FOR CONSTRUCTING CONTINUOUSLY REINFORCED CONCRETE PAVEMENT USING REINFORCING STEEL BAR INTRODUCING/FIXING EQUIPMENT	(주)삼우 아이엠씨	주	미국		2016.12.06		
4	논문	Mechanical tube feeding equipment for construction of continuously reinforced concrete pavement	최판길 외 3	주	Journal of Transport ation Engineeri ng	0.801			SCI

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

1. 한국도로공사 도로교통연구원(2011), ‘연속철근 콘크리트 포장의 상세 설계 기준 연구’, 연구원-2012-08-534.9607호.
 2. 2011회계연도 예산 개요, 국토해양부(2011).
 3. 국토해양부(2001~2011), “한국형 포장설계법 개발”, 연구보고서
 4. 안성순, 이경하(2004), “한국도로공사 시험도로의 건설과 운영”, 한국도로공사, 고속도로 제68호, pp.326-352
 5. 안성순(2006), “중부고속도로 20년 공용성 평가를 통한 CRCP와 JCP의 비교 연구”, 한양대학교 대학원, 공학박사학위 논문
 6. Charles F. Scholer, Olugayo Timothy Olateju(1971), ‘Mechanical Methods of Steel Placement For the Slipform Construction of Continuously Reinforced Concrete Pavements : Technical Paper’, JTRP.
 7. CRCP Design and Construction Guide.(2007)
 8. Mohamed Elfino(2012), ‘Concrete Pavements in Virginia Route 58 Open House’
 9. AASHTO(American Association of State Highway and Transportation Officials) 포장설계법
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술사업화지원사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.