

15TBIP
-C09281
1-01

현장 재생아스팔트 생산설비에
의한 중·저온 현장재생아스콘

최종보고서

2016

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

국토교통기술사업화지원사업 R&D Report

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()

국토교통기술사업화지원사업 제1차연도 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-1613000-001215-01

R&D /
15TBIP-C092811-01

현장 재생아스팔트 생산설비에 의한 중·저온 현장재생아스콘 (노면가열형) 최종보고서

2016. 7. 22

주관연구기관 / (주)시티오브테크

국토교통부

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘현장재생아스팔트 생산설비에 의한 중저온 현장 재생아스콘(노면가열형)’(연구개발 기간 : 2015.04.27 ~ 2016.04.26) 과제의 최종보고서 2부를 제출합니다.

2016 . 7 . 22.

주관연구기관명 : (주)시티오브테크 (대표자) 황익현

참 여 기 관 명 : (주)시티오브테크 (대표자) 황익현



주관연구기관책임자: 황익현

참 여 기 관 책임자: 황익현

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	15TBIP-C09281 1-01	해당 단계 연구 기간	2015-04-27 ~2016-04-26	단계구분	2015-04-27 ~2016-04-26
연구사업명	중사업명	중소기업 보유기술 및 아이디어 사업화 분야			
	세부사업명	국토교통기술사업화지원사업			
연구과제명	대 과제명	현장 재생아스팔트 생산설비에 의한 중저온 현장재생아스콘 (노면가열형)			
	세부과제명	-			
연구책임자	황익현	해당단계 참여 연구원 수	총: 3 명 내부: 3 명 외부: 0 명	해당단계 연구개발비	정부:211,000천원 기업:200,000천원 정부 외: 0천원 계:411,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 3 명 내부: 3 명 외부: 0 명	총 연구개발비	정부:211,000천원 기업:200,000천원 정부 외: 0천원 계:411,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주)시티오브테크			참여기업명 : (주)시티오브테크	
국제공동연구	상대국명:-			상대국 연구기관명:-	
위탁연구	연구기관명:-			연구책임자:황익현	
요약				보고서 면수	
본 연구는 고가(약 40억원)의 대형[51m(1set/3대)2차선도로 이상 적용] 수입설비에 의존하는 현장 재생 아스콘 생산 설비를 국내 독자적인 기술로 설비를 직접 제작하여 수입설비 대비 소형화 [19m(1set /1대) 2차선 이하 적용] 및 낮은 가격(5~10억원)으로 단점을 보완한 장비를 개발하였다. 또한 설비로 생산한 혼합물 시험을 공인기관에 의뢰하여 품질을 입증하였다.					

4. 국문 요약문

연구의 목적 및 내용	(1) 연구목적 ① 현장재생 아스콘 생산설비의 개발 목적 - 기존 정치식 재생 아스콘 플랜트에 의한 생산 시스템 기존의 정치식(고정식)재생 아스콘 플랜트 생산 시스템은 현장의 폐아스콘 발생재를 절삭하여 → 플랜트로 운반 → 재가공 생산후 → 다시 현장으로 운반 포설 하는 공정을 거치기 때문에, 환경성, 경제성, 신속성, 안전성 등에서 불리하고, 재생골재 사용률(약30% 이하)이 낮으며, 온도관리 및 품질관리 상, 공급의 지역적 한계가 있는 문제점 있음 - 기존 현장 재생 아스콘 플랜트에 의한 생산 시스템 상기 정치식 재생 아스콘 플랜트의 문제점을 개선하기 위하여 외국으로 부터 도입된 기존 현장 재생 아스콘 플랜트 생산시스템은 설비의 규모(설비 조합 세트 길이 51m)가 너무 큰 관계로 대규모 공사외에는 사용이 어렵고, 설비가격(도입가격 40~50억)또한 고가임에 비하여 생산 효율이 낮으며, 품질성능 또한 고온 가열에 의한 아스팔트의 노화, 재생재와 신재 아스콘의 혼합성 확보가 어려운 문제점 있음 - 상기 문제점을 개선하기 위하여 개발한 신청기술의 현장 재생 아스콘 플랜트는, 현장 발생 재생골재 100% 활용, 공급의 지역적 한계극복, 소규모 공사 가능 및 설비규모 대비(전장 19m)생산효율의 향상, 경제성(기존설비 대비 약 30% 수준)향상을 목적으로 개발함
------------------------	--

② 중저온 재생 아스팔트 첨가제 개발 목적

- 기존 아스콘 생산시 고온가열(160℃이상)에 의한 연료소모량 증대 및 이산화탄소 배출량 과다 발생으로 대기오염 및 지구 온난화 촉진 문제점 있음
- 고온가열 생산시 아스팔트 조기노화 촉진으로 재 활용 문제점 있음
- 고온가열 생산시 시공 후 교통개방 시간의 지연 문제점 있음
- 상기 문제점 개선을 위하여, 기존 가열 아스팔트 혼합물보다 30~50℃ 낮은 온도에서도 재생 아스팔트 혼합물의 혼합성 및 시공성을 확보 할 수 있는 중저온 아스팔트 첨가제를 개발하여, 상기와 같이 개발된 현장 재생 플랜트에 적용함으로써, 환경성 개선(사용연료 약 30% 절감, 이산화탄소 배출량 30% 저감), 아스콘의 조기 노화 예방 및 품질성능의 향상을 목적으로 개발하였음.

(2) 연구내용

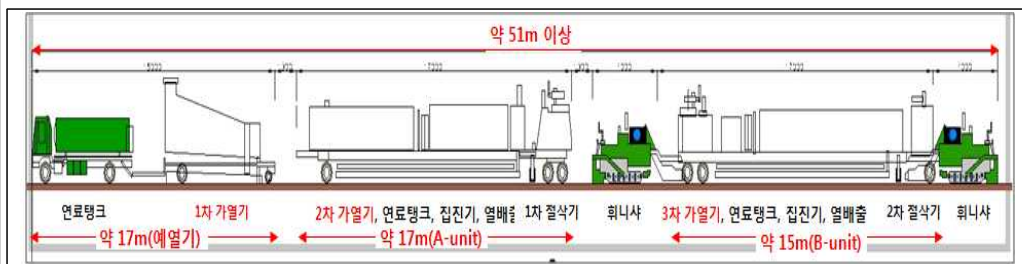
① 현장재생 아스콘 생산설비의 개발내용

- 기존 현장 재생 아스콘 플랜트와 개발 현장 재생 아스콘 플랜트의 비교

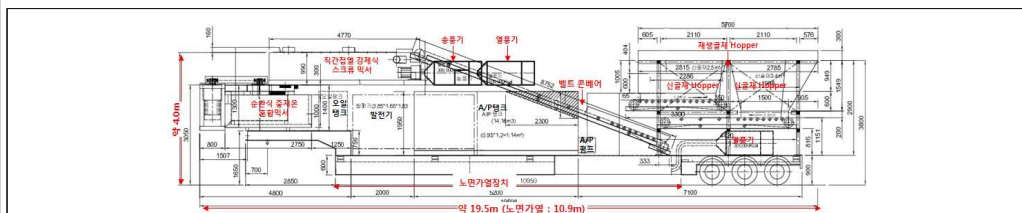
<표 1> 기존 설비(해외) 대비 연구개발 설비 구성 비교

구분	기존 설비(해외도입)		연구개발 설비(자체제작)	
SET	3 unit		1 unit	
구성	예열기 (17.5m)	1차 가열기	1unit (19m)	노면가열장치 (10.9m)
	A-unit (17.5m)	2차 가열기		골재호퍼 (5.7m)
		1차 절삭기		Belt Conveyor (8.7m)
	B-unit (16.0m)	3차 가열기		직·간접열 강제식 스크류믹서 (4.7m)
		2차 절삭기		순환식 중저온 혼합믹서 (2.7m)
		1차 혼합 가열기(예열기)		
		2차 혼합 가열기(예열기)		
길이	51 m 이상 (3대의 설비로 이동)		19 m (트레일러 1대에 설치)	
비고	3대가 연속적으로 움직여 소규모현 장 진입 불가능함		1대의 설비에 모두 구성되어있어 다양한 현장에 적용이 가능함	

연구의
목적 및 내용



<그림 1> 기존기술설비(해외도입) 구조 도면



<그림 2> 연구개발 설비(자체제작) 구조 도면

- 개발 현장 재생 아스콘 플랜트의 상세 개발내용

<표 3> 기존 설비(해외) 대비 연구개발 설비 비교

구분	기존 설비(해외도입)	연구개발 설비(자체개발)	개선사항
설비 규모	 약 51m (3unit/1set)	 약 19m(1unit/1set)	약32m 설비규모를 축소하여, 소규모 공사에도 적용범위 확대
노면 가열 방식	 복사열, 직접노면가열 (집진기 열배출 방식)	 열분화식, 간접노면가열 (열순환 방식)	간접열 가열방식(열순환식)을 적용하여 직접노면 가열시 발생하는 아스팔트 조기 노화 예방, 연료 사용량 절감, 유해가스 발생 감소
재료 이송 방식	 노면에서 절삭 및 혼합이 동시에 이루어지며 설비 하부에 컨베어 벨트로 이송	 지상 Belt Conveyor (노면에 잔여물이 남지 않음)	기존 설비(해외)의 이송방식은 노면에서 절삭 및 혼합이 동시에 이루어져 혼합물이 100% 이송되지 않고 노면에 남아 있었으나(○부분), 연구개발 설비는 지상 Belt Conveyor로 골재를 이송하여 절삭노면에 잔여물이 전혀 남지 않음

구분	기존 설비(해외도입)	연구개발 설비(자체개발)	개선사항
혼합믹서방식	 		혼합성능의 향상을 위하여, 1차(가열식 스크류 믹서) 및 2차(가열식 팬타입 믹서)에 걸쳐 순환식열풍에 의해 혼합되므로, 기존 설비에 비하여 혼합성을 높여 혼합물의 품질성능을 향상시킬수 있음.
생산량	일일 최대 생산량 600ton(51.7a)	일일 최대 생산량 700ton(59.8a)	-

연구의
목적 및 내용

② 중·저온 아스팔트 첨가제 개발내용

연구개발된 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)는, 아스팔트 및 아스팔트 혼합물에 첨가함으로써, 혼합물의 생산온도 및 시공온도를 약 30~50℃ 낮추어, 저탄소화(약 30% 저감) 효과를 발휘하도록 하는 첨가제로서, 하나의 첨가제로 아스팔트의 중온화 기능은 물론 아스팔트의 개질 기능 및 노화 아스팔트의 재생 기능을 추가로 갖는 다기능성의 복합형 중온화 아스팔트 첨가제임.

- 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 기능 및 작용

<표 4> 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 기능 및 작용

구성재료		기능 및 작용
중온화재	점탄성 조정계	•브라운 아스팔트 •로진 (송진) •SBS
	윤활제계	•프로세 스오일 •EVA등
		•상온에서 고체적 성상을 나타내고 일정온도 이상 시 급격히 아스팔트 의 조성 및 분자량 분포 조절하여 중·저온의 온도에서도 작업성 개선 및 점착력, 부착력 향상 (중온화 및 개질 기능) •융점 이상 (80℃이상)이 되면 아스팔트 및 골재 경계면에 윤활성을 높여 중 저온의 온도에서도 혼합성과 다짐성의 향상 (중온화기능) •노화 아스팔트 연화 작용 재생첨가제 역할 (윤활, 재생첨가제 기능)

<표 5> 개발 중 · 저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 기능 및 작용

구성재료		기능 및 작용
특수첨가재	코팅 속성 고무분말	•개질 유동화제로 코팅된 분쇄 페타이어가 골재의 잔 공극을 채움과 동시에 탄성 부여 (개질 기능) •아스팔트의 감온성을 개선하여 중온 또는 중 · 저온에서 아스팔트 혼합물의 탄성을 유지, 강도 개선 (감온성 및 탄성 개선 기능)
	코팅 질석	•골재와 골재 사이에 끼어 골재 형상대로 변형되면서 골재를 서로 부착하게 하는 부착 매개체 역할을 하여, 골재간의 결합력을 증대시켜 강도 증진 (개질, 부착력 개선 기능)
	코팅 셀룰로오스	•개질 유동화제로 코팅된 셀룰로오스 섬유는, 고무줄과 같이 탄성 이 있는 미세한 실로 변형되어 혼합물의 인장력, 전단력, 휨강도 등을 개선 (혼합물의 균열저항성 증진 기능)

- 개발 중 · 저온 아스팔트 첨가제(HQMA)의 효과

<표 6> 개발 중 · 저온 아스팔트 첨가제(HQMA)의 효과

적 용 목 적		효 과
온도 저감	생산 온도 저감	연료 절감, 이산화탄소 발생량 감소(친환경)
	시공 온도 저감	공사규제시간 단축 (도로정체 완화)
혼합성, 시공성 향상	재생 아스콘의 이용 촉진	초기 노화, 소성변형의 억제 (포장수명 향상)
	동절기 시공에서의 품질확보	재생골재의 이용 촉진, 시공성 개선 (재생기술의 향상)
	다짐장비 편성 축소	소요 다짐도의 확보 (공사의 연간 지속 가능)
		작업 공기 단축, 1일 시공량 증대

- 개발 중 · 저온 아스팔트 첨가제의 공용성 평가 실시

개발 중 · 저온 아스팔트 첨가제의 장기적인 공용성을 평가하기 위하여, 포장가속 시험(APT)을 실시하여 성능의 우수성을 검증하였으며, 포장가속시험의 목적은 향후 약 20년 동안 받을 교통하중을 수개월 내에 받도록하여 아스팔트포장의 장기 공용성을 검증하는 일종의 실물 모사시험으로서, 신재료나 신기술 개발시, 현장 적용전에 거치는 일종의 검증시험임.

(1) 현장재생 아스콘 생산설비의 개발성과



<그림 3> 연구 개발 현장 재생 아스콘 생산설비[FR-APS(Field Recycle Ascon Product System)]

- 생산공정 개선(공정 감소율 : 약 30% 절감)

<표 7> 기존 현장재생 아스콘 생산설비 생산공정과 개발 설비 생산공정 비교

연구개발성과

구 분	기존 설비	연구 개발 설비
노면 가열	①1차 노면가열 (예열기) ②2차 노면가열 (A-unit) ③3차 노면가열 (B-unit)	①1차 노면가열 (노면 가열장치)
절삭	④1차 절삭 (A-unit) ⑤2차 절삭 (B-unit)	②1차 절삭
재료 투입	⑥신재 아스콘, 재생 첨가제	③재생골재, 신골재, AP, 재생첨가제
혼합	⑦1차 혼합(퍼그밀 믹서) ⑧2차 혼합(2축식 믹서)	④1차 혼합(직간접열 강제식 스크류믹서) ⑤2차 혼합(열순환식 간접열 혼합믹서)
포설 및 다짐	⑨휘니샤, 머캐덤, 타이어, 탠덤	⑥휘니샤, 머캐덤, 타이어, 탠덤

- 제품 생산비용(비용 감소율 : 약 30% 절감)

: 생산공정의 간소화 및 폐아스콘 발생 시 현장에서 100% 재사용

: 현장재생 아스콘 플랜트 장비 운반비 절감(기존 3unit/1set, 개발 1unit/1set)

: 폐아스콘 재료 운반비, 연료, 전력 사용량 절감

- 개발설비 특허출원

<표 8> 개발 설비의 특허출원 현황

구분	출원번호	제목	출원일자
1	2016-0001760	이동식 현장 아스콘 제조시스템 및 그 제조방법, 이러한 방법으로 제조된 이동식 현장 아스콘 및 이동식 현장 아스콘을 이용한 도로포장방법	2016.01.06
2	2016-0001744	현장 아스콘 재생시스템 및 그 제조방법, 이로부터 제조된 재생아스팔트 혼합물 그리고 현장재생 아스콘을 이용한 도로 포장방법	2016.01.06

(2) 중·저온 아스팔트 첨가제 개발성과

- 아스팔트 노화 예방 및 제품 품질성능 개선(성능비교)

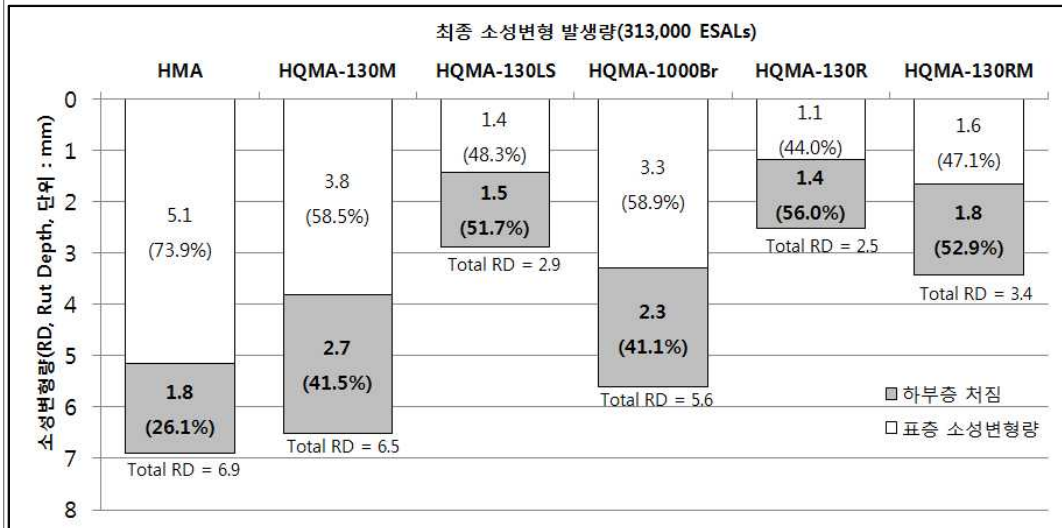
: 개발 중·저온 재생 아스팔트 첨가제를 사용한 중온 재생아스팔트 혼합물은 기존 가열 재생 아스팔트 혼합물에 비하여 30~50℃ 낮은 온도에서 가열 생산됨으로, 아스팔트의 조기노화를 예방할 수 있고, 중·저온(100~130℃)에서도 기존 재생 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 품질 성능이 우수함을 검증하였으며, 아래 시험결과표는, 중·저온 아스팔트 첨가제를 개발된 현장 재생 아스팔트 생산설비(FR-APS)에 적용하여 생산된 중·저온 아스팔트 혼합물(신재, 재생)과 기존 정치식 플랜트 및 기존 현장 생산설비에 의해 생산한 아스팔트 혼합물(HMA)을 비교 시험한 결과로서, 중저온에서도 우수한 품질 성능을 확인함.

<표 9> 품질성능 확인 시험결과 집계표

구 분		혼합온도	시험 결과					
		디점온도	마찰 안정도	흐름값	공극율	포화도	간접 인장강도	터프니스
단 위		℃	N	1/100cm	%	%	N/mm ²	N · mm
기존 가열 아스팔트 혼합물 (HMA)		160	8,570	33	4	76	0.9	9,991
		145						
기존 현장 재생 아스팔트 혼합물 (HMA)		150	9,714	32	4	76	1.1	10,346
		135						
개발 현장생산 아스팔트 혼합물	HQMA-130 (신재, WMA)	130	9,221	32	4	75	1.0	10,213
		115						
	HQMA-130R (재생, WMA)	130	10,191	31	4	76	1.1	10,536
		115						
품질기준 (SPS-KA10002-F2349-20141231)			5,000 이상	20~40	3~6	65~80	0.8 이상	8,000 이상

[시험기관 : 한국화학융합시험연구원(KTR)]

- 중 · 저온 아스팔트 첨가제의 공용성 검증(포장가속시험 APT)

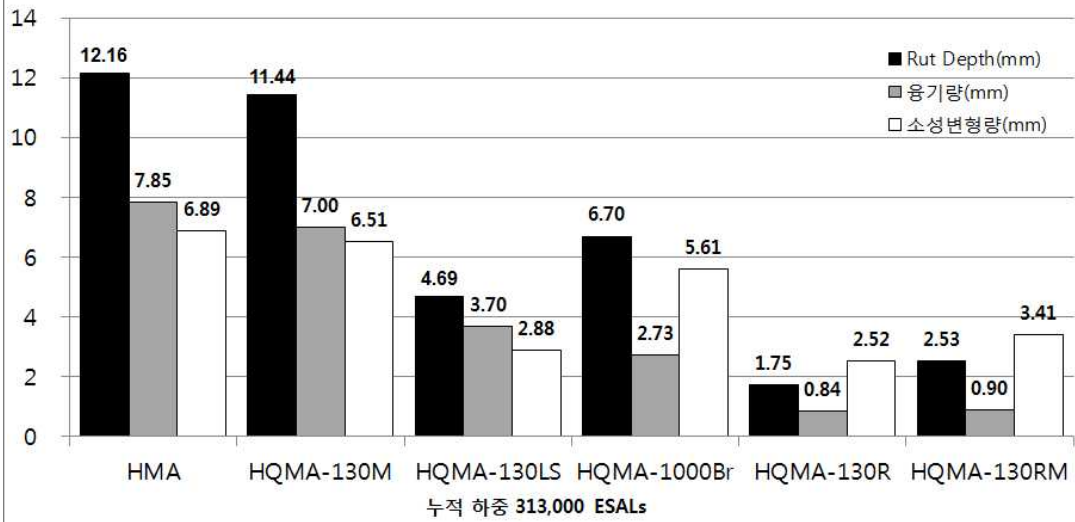


<그림 4.1> 재료별 평균 소성변형 발생량 비교 그래프

[참고 : 한양대학교 공동연구보고서(다용도형 아스팔트 중온화 첨가제 개발)]

6종의 아스팔트 혼합물에 대하여 누적 하중 313,000 ESALs 하중재하 후 Rut Depth, 용기량, 소성변형량 측정 결과는 <그림 30>과 같다. Rut Depth 크기는 순으로 발생하였으며, 용기량은 일반 가열 아스콘(HMA) > 중 · 저온 개질 아스콘(HQMA-130M) > 중 · 저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) > 중 · 저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) > 중 · 저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) ≒ 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 순으로 발생하였다. 또한 소성변형량은 일반 가열 아스콘(HMA) > 중 · 저온 개질 아스콘(HQMA-130M) > 중 · 저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) > 중 · 저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) > 중 · 저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) > 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 순으로 발생하였다. 모든 경우에서 일반 가열 아스콘(HMA)이 가장 큰 변형을 보였으며, 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R)이 가장 적은 변형을 보여 일반 가열 아스콘(HMA)의 소성변형 저항성이 가장 낮으며, 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R)이 가장 높은 소성변형 저항성을 보이는 것으로 판단된다. 또한 개발된 중온화 첨가제를 혼합한 아스팔트 혼합물 5종은 일반 가열 아스콘(HMA)보다 적은 변형을 보였다.

- 중 · 저온 아스팔트 첨가제의 공용성 검증(포장가속시험 APT)



<그림 4.2> 재료별 소성변형 및 용기량 비교

[참고 : 한양대학교 공동연구보고서(다용도형 아스팔트 중온화 첨가제 개발)]

연구개발성과

분석결과 재료별 평균 소성변형 발생량은 313,000 ESALs의 하중재하 후 일반 가열 아스콘(HMA) 6.89mm, 중 · 저온 개질 아스콘(HQMA-130M) 6.51mm, 중 · 저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) 2.88mm, 중 · 저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) 5.61mm, 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 2.52mm, 중 · 저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) 3.41mm로 나타났다. 또한 재료별 소성변형 발생량을 표층과 하부층으로 구분하여 분석한 결과 표층만의 소성변형은 일반 가열 아스콘(HMA) 73.9%, 중 · 저온 개질 아스콘(HQMA-130M) 58.5%, 중 · 저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) 48.3%, 중 · 저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) 58.9%, 중 · 저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 44.0%, 중 · 저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) 47.1%의 비율로 발생한 것으로 분석되었다.

본 실험에 사용된 5가지 중·저온 개질 아스팔트 모두 일반 가열 아스팔트에 비해 소성변형 저항성 측면에서 우수한 결과를 보였다. 특히 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R), 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS), 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM)은 표층 혼합물의 변형을 비교할 때 일반 가열 아스팔트 혼합물 보다 월등히 적은 20~30%의 변형을 보였다.

- 생산 연료비 절감 및 탄소 배출량 저감

<표 10> 아스팔트 혼합물 1ton 생산 시 연료 및 배출 유해가스 발생량 비교

연구개발성과

구 분	연료 (L/ton)	먼지 및 유해가스			
		이산화탄소 (%)	질소산화물 NOx(ppm)	황산화물 SOx(ppm)	일산화탄소 (ppm)
가열 아스팔트 포장	7.7	6.3	38	8	1,300
중온 아스팔트 포장	5.0	4.2	34	7	1,200
절감비율	35.0%	33.3%	10.5%	12.5%	7.7%

[참고 : 국토교통부 보도자료(간선도로과, 2012.2.14.화) 온실가스 저감으로 쾌적한 도로환경 조성]

(1) 현장 재생 아스콘 생산설비의 활용계획

연구개발성과
의
활용계획
(기대효과)

구 분	내 용												
기술적 기대 효과	- 폐아스콘 발생재의 재활용은 자원의 절약뿐만 아니라, 탄소 발생량의 저감효과 등으로 전세계적으로 관심이 높은 기술분야로서, 국내에서는 주로 정치식 재생 아스콘 플랜트를 이용하여 재생혼합물을 생산하여 현장에 재시공하는 공법을 사용하고 있다. - 개발된 현장 재생 아스콘 플랜트는, 기존의 정치식 플랜트 재생 및 기존의 현장 재생 공법의 문제점을 개선함은 물론, 효율성을 획기적으로 높인 것으로서, 콤팩트한 설비 구성으로 소규모 공사에도 사용 가능하며, 설비규모 대비 (기존설비 51m, 개발설비 19m)생산효율은 기존설비의 100% 이상이고, 생산공정은 30% 줄었으며, 설비가격 또한 기존설비 대비의 약 30% 수준으로서, 기술적 파급효과는 매우 높을 것으로 기대됨 - 또한 기존 현장재생 플랜트의 문제점인, 고온 가열에 의한 아스팔트의 노화 및 신재 아스팔트와 재생재의 불균일한 혼합성 등의 문제점을 개선함으로써, 재생 아스콘의 시공품질을 향상할수 있도록한 것은 기술적으로 획기적인 사항임												
경제적 기대 효과	- 설비의 수입대체 및 수출 가능 - 생산비용의 절감 및 유해가스 배출 저감 - 절삭 포장공사시 발생되는 폐아스콘을 100% 재활용 함으로써 공사비 절약 - 포장공사 시행 시 장비 1회 통과로 공사가 완료되고, 공기 단축 및 교통체증 완화												
활용 방안													
	<table><tr><th colspan="2">구 분</th><th>활용 방안</th></tr><tr><td rowspan="2">국내</td><td>수도권</td><td>* 자사에서 직접 수도권 내 공사현장에 운영할 예정(자체)</td></tr><tr><td>지 방</td><td>* 해당 지역업체에 연구개발 설비 및 재생첨가재 판매 계획(위탁)</td></tr><tr><td colspan="2">국 외</td><td>* 정치식(고정식) 아스콘 생산설비만 보유하고 있어 운반거리가 장거리인 현장에 연구개발 설비 양산하여 설비 및 재생첨가재 수출 계획수립</td></tr></table>		구 분		활용 방안	국내	수도권	* 자사에서 직접 수도권 내 공사현장에 운영할 예정(자체)	지 방	* 해당 지역업체에 연구개발 설비 및 재생첨가재 판매 계획(위탁)	국 외		* 정치식(고정식) 아스콘 생산설비만 보유하고 있어 운반거리가 장거리인 현장에 연구개발 설비 양산하여 설비 및 재생첨가재 수출 계획수립
	구 분		활용 방안										
국내	수도권	* 자사에서 직접 수도권 내 공사현장에 운영할 예정(자체)											
	지 방	* 해당 지역업체에 연구개발 설비 및 재생첨가재 판매 계획(위탁)											
국 외		* 정치식(고정식) 아스콘 생산설비만 보유하고 있어 운반거리가 장거리인 현장에 연구개발 설비 양산하여 설비 및 재생첨가재 수출 계획수립											

연구개발성과 의 활용계획 (기대효과)	(2) 중·저온 아스팔트 첨가제 활용계획				
	구 분	내 용			
	기술적 기대 효과	중·저온 첨가제로서의 기능과 재생 첨가제의 복합적 기능을 발휘하며, 또한 중·저온 (100~130℃)의 낮은 온도에서도 충분한 유동성을 갖고 있기 때문에 운반, 포설, 다짐이 용이하며, 특히 동절기 공사, 장거리 운반 시 일반 아스팔트 혼합물에 비하여 우수한 작업성을 갖고 있기에 하자 발생률이 줄어듦			
	경제적 기대 효과	기존 아스팔트 혼합물 생산온도(160℃ 이상)에 비하여 -30~50℃까지 절감시켜 혼합물을 생산하는 중·저온 아스팔트 첨가제 혼합물(100~130℃) 생산시 이산화탄소등 유해가스 발생량이 약 30% 감소되며 이는 소나무 6,000만 그루의 식목효과를 갖음 또한 중·저온 아스팔트 첨가제 혼합물(100~130℃) 생산 시 기존 아스팔트 혼합물 (160℃이상)에 비하여 가열온도 감소로 인하여 골재 및 아스팔트의 가열온도 및 가열시간 감소로 사용 연료 및 생산 원가의 절감효과를 갖음 ※ 아스콘 1ton 당 석유연료 절감 량 (2.7L/아스콘 1ton당) [생산온도 10℃ 감소시 0.9L/ton 절감 : 0.9L/ton x 3(30℃ 감소) = 2.7L/아스콘 1ton당 감소] ※ 연간 석유연료 절감 액수 (80,767,036천원/연간) [국내 아스콘 평균생산량 28,522,667ton x 아스콘 1ton 당 절감액 2,831원 = 80,767,036천원/연간] * 참조 : 국토교통부 보도자료(간선도로과, 2012.2.14., PAGE 5) 온실가스 저감으로 쾌적한 도로환경 조성 참조			
	활용 방안	상품화와 동시에 해외수출 예정으로, 말레이시아 해외수출 협의가 진행 중이며 이외 국가에서도 추가적으로 계약 진행 예정이며, 또한 중온 아스팔트 혼합물에 대한 수요가 증가하는 추세이므로 시장의 확장성이 높고, 각 지자체 및 도로공사에서도 생산을 장려하는 바, 수요 전망은 매우 밝다고 판단됨			
핵심어 (5개 이내)	현장 재생 아스콘 생산설비	노면가열기	직간접열믹서	중온 재생아스콘	중·저온 아스팔트 첨가제

5. 영문 요약문

< SUMMARY >

The purpose and content of the research	(1) Purpose of research ① Purpose of the development about the Field Recycle Ascon Product System - The production system of the existing stationary recycle ascon plant Production system of the existing stationary (fixed) recycle asphalt concrete plant is, by cutting the recycled ascon of site → transported to the plant → re-processing production plant → to again field in order to step on the transport Four theory to process, Ministry of the Environment, economy, rapidity, a disadvantage, such as safety, recycled aggregate usage rate (less than or equal to about 30%) is low, temperature management, quality control, there is a problem about the regional limit of supply. - The production system of the existing field recycle ascon plant In order to improve the above-mentioned problems of the stationary recycle ascon plant, the production system of the existing field recycle ascon plant that has been introduced from foreign countries, in relation equipment of scale (length 51m set of combination of equipment) is too large it is difficult to use other than the large-scale construction work, equipment price (introductory price \$4-5 billion) also, compared to being expensive, production efficiency is low, quality performance also have the difficult problem to ensure mixing performance of the recycled materials and new materials because of aging of the asphalt by high-temperature heating.
--	--

The purpose and content of the research	- To improve the problem, the application technology the field recycle ascon plant that have been developed, site generation recycled aggregate 100 percent utilization, overcome the regional limit of supply, small-scale construction work possible and equipment scale contrast (total length improve production efficiency of 19m), compared to the economy (existing facilities, is developed for the purpose of improving the 30% level) ② The purpose of the development about medium-low-temperature recycle asphalt additive - The time when the exist ascon product by high-temperature heating(160 °C or more), there is a problem of increasing fuel consumption, air pollution and global warming by carbon dioxide emissions. - During high-temperature heating production, there is a problem of premature aging of asphalt. - During high-temperature heating production, there is a delay problem of traffic open time after construction - For the above-mentioned problems improvement, to develop a low-temperature asphalt additive in that it is also possible to ensure the mixing property and construction of the recycled asphalt mixture at 30~50 °C lower temperature than the existing hot asphalt mixture, the above-mentioned standing by to be applied to the site of the recycling plant, which has been developed as an improvement of the Ministry of the Environment (using fuel about 30% reduction, 30% of the carbon dioxide emissions reduction), improvement of premature aging prevention and quality performance of asphalt It was developed for the purpose.
--	--

(2) The contents of the research

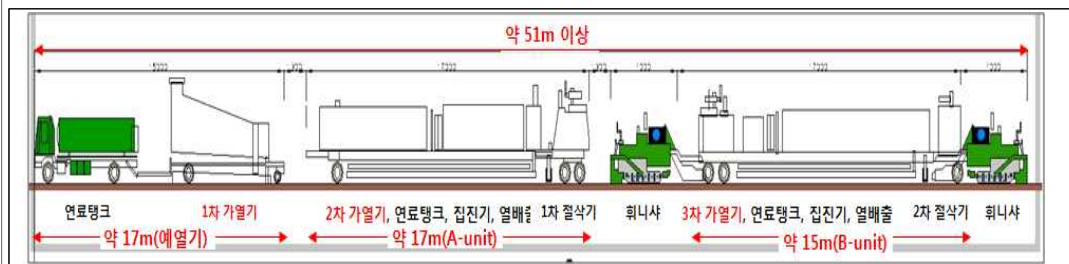
① Development content of the field recycle ascon product system

- Comparison between the existing facilities and the field recycle ascon product system

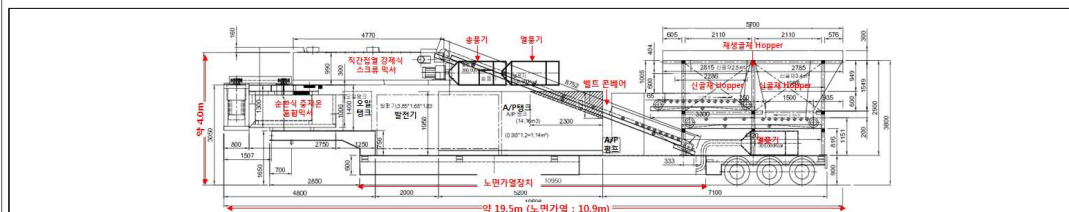
<Table 1> The facilities configuration comparison between the existing facilities and the research facilities

Div.	The existing facilities (Oversea)		The research facilities (Self production)	
SET	3 unit		1 unit	
Configuration	Preheater (17.5m)	1st heater	1unit (19m)	Road surface heater (10.9m)
	A-unit (17.5m)	2st heater		Aggregate hopper (5.7m)
		1st cutter		Belt Conveyor (8.7m)
	B-unit (16.0m)	3st heater		Direct and indirect heat forced screw mixer (4.7m)
		2st cutter		Circular mid-low temperature mixer (2.7m)
		1st mixheater(preheater)		
		2st mixheater(preheater)		
Length	51 m or more (3 unit)		19 m (1 unit on trailer)	
Note	It is impossible to enter the small-scale field due to 3 unit.		It can be applied to various field for single facility.	

The purpose
and content of
the research



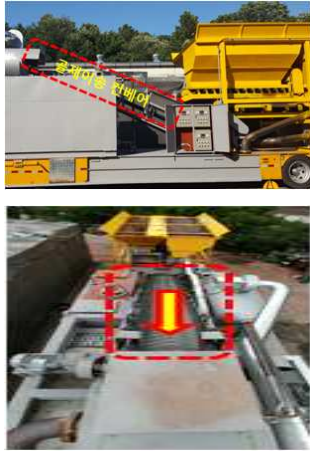
<Figure 1> The existing facilities(Oversea) structure drawing



<Figure 2> The research facilities(Self production)structure drawing

- The contents of the research facilities

<Table 2> The comparison between the existing facilities and the research facilities

Di v.	The existing facilities (Oversea)	The research facilities (Self production)	Improvement
Scale			By reducing the scale of about 32m of equipment, expansion of the scope of application to small-scale construction work
	About 51m (3unit/1set)	About 19m(1unit/1set)	
Road surface heating system			By applying the indirect heating system (heat circulation type), prevention of asphalt premature aging that occurs during direct road surface heating, the reduction of fuel consumption, reduction of harmful gas generation
	Radiant heat, direct surface heating (Dust collector heating)	Indirect surface heating (Circular heating)	
Material transfer system			Existing transport system equipment (overseas) is mixed with a cutting from the road surface is carried out simultaneously, the mixture can not be transferred 100%, but remains on the road surface, (O P a r t i a l) , Research and development facilities, residue in cutting the road to transport the aggregate on the ground Belt Conveyor does not remain at all
	Drawing in cutting, the mixer is achieved at the same time transferred to the conveyor belt to the equipment bottom	Belt Conveyor on trailer (Residue does not remain on the road surface)	

The purpose and content of the research	Di v.	The existing facilities (Oversea)	The research facilities (Self production)	Improvement
	Mixing type	 	 	In order to improve the mixing performance, because they are mixed through the primary (screw mixer) and the secondary (fan type mixer), enhance the miscibility as compared to existing equipment, it is possible to improve the quality performance of the mixture.
		*1st mixing : Pugmill mixer *2st mixing : Subject to biaxial expression mixer	*1st mixing : Direct and indirect heat forced screw mixer *2st mixing : Circular mid-low temperature mixer	
	Production	Maximum production(day) 600ton(51.7a)	Maximum production(day) 700ton(59.8a)	-
② Development content of the medium-low-temperature asphalt additive Low-temperature asphalt additive in that has been developed (HQMA), by adding to the asphalt and asphalt mixture, the manufacturing temperature and construction temperature of the mixture is lowered about 30~50 °C, exert a low-carbon (about 30% reduction) effect as an additive to make the asphalt mesophilic function as one of the additives, of course, a multifunctional composite type warm-asphalt additives having an additional function of reproducing the Modified function and aging asphalt.				

- Low-temperature asphalt additive (HQMA) function and action

<Table 3> Low-temperature asphalt additive (HQMA) function and action

Components			Function and action
Middle temperature function	Viscoelasticity	•Brown asphalt •Resin •SBS	•At normal temperature shows a solid chemical properties, rapidly composition and molecular weight distribution adjustment and improvement of workability, Even during mid-low temperature adhesive force of the asphalt, improvement of adhesion at a constant temperature or more (WMA and Modified function)
	Lubrication	•Process Oil •EVA	•If equal to or greater than the melting point (80 °C or more) increase the lubricity to the asphalt and aggregate boundary surface, improvement of mixed swore even at mid-low temperature •The role of playing additive of aging asphalt softening action (Lubrication, functions of the recycle additive)

The purpose and content of the research

<Table 4> Low-temperature asphalt additive (HQMA) function and action

Components			Function and action
Special additive	Rubber powder coating curing		•Together with pulverized waste tires that are modifying the fluidizing agent coating fills the cup voids of the aggregate, to impart elasticity (Modified function) •To improve the temperature sensitivity of asphalt, maintaining the elasticity of the asphalt mixture at medium temperature or med-low temperature, improvement of strength (temperature-sensitive and improving function of the elasticity)
	Coating vermiculite		•Sandwiched between the aggregate and the aggregate is deformed into the shape of the aggregate, and the role of adhesion promoters to attach the aggregate to each other, to increase the bonding strength between the aggregate intensity enhancement (Modified, with improvement of wearing force function)
	Coating cellulose		•Modifier fluidizing agent coated cellulose males fibers, facilitating the tensile strength of a fine yarn deformation to the mixture a resilient like rubber, shear, crack resistant improving the bending strength (mixtures function)

- Low-temperature asphalt additive (HQMA) effect

<Table 5> Low-temperature asphalt additive (HQMA) effect

Purpose of application		Effect
Reducing temperature	Decreased production temperature	Fuel saving, reduction of carbon dioxide emissions(Environmentally friendly)
	Decreased construction temperature	Shortening of the construction regulation time (Road congestion mitigation)
		Initial aging, suppression of plastic deformation (Improvement of road life)
Improving workability and mixing	Promotion of recycle ascon	Promoting the use of recycled aggregate, improve the workability (Improvement of recycle technology)
	Ensuring the quality of construction in winter	Ensure also take decision (Year of construction sustainable)
	Reducing the compact equipment	Working shortening the construction period, increase in the construction of daily

The purpose and content of the research

- Low-temperature asphalt additive (HQMA) performance evaluation

In order to evaluate the long-term commonality of development and low-temperature asphalt additive, to implement the packaging acceleration test (APT), to verify the superiority of performance, purpose of packaging accelerated test during the next 20 years receive as real replication test of a kind which the traffic load to receive within a few months to verify the long-term common of the asphalt packaging, during the development of new materials and new technology. It is a kind of validation test to go through in front of the site application.

(1) The results of research about The field recycle ascon product system



<Figure 3> [Field Recycle Ascon Product System] – FR-APS

– Production process improvement(Process reduction ratio : about 30%)

<Table 6> Production process comparison between the existing facilities and the research facilities

Div.	The existing facilities (Oversea)	The research facilities (Self production)
Surface heating	1st surface heating (Preheater) 2st surface heating(A-unit) 3st surface heating(B-unit)	1st surface heating (surface heater)
Surface cutting	1st cutter (A-unit) 2st cutter (B-unit)	1st cutter
Input materials	New ascon, Recycle additive	Recycle aggregate, New aggregate, Asphalt, Recycle additive
Mixing	1st mixing : Pugmill mixer 2st mixing : Subject to biaxial expression mixer	1st mixing :Direct and indirect heat forced screw mixer 2st mixing :Circular mid-low temperature mixer
Routing entered and compacting	Finisher, Macadam, Tire, Tandem	Finisher, Macadam, Tire, Tandem

– Production costs (cost reduction rate : about 30% reduction)

: Simplify the producing process and the event of occurrence recycle ascon , 100% re-use in the field.

(Lung asphalt without factory transportation costs of the event, without re-transportation costs in the construction site from the production plant)

: Fuel, reduction of power consumption

- Patent applications of development facility

<Table 7> Patent applications status of development facility

Div.	Patent number	Title	Applications date
1	2016-0001760	Transferable ascon and thereof manufacturing system and method and paving method using the same	2016.01.06
2	2016-0001744	System and method for regenerating ascon and asphalt mixture using the same and method for paving road using the same	2016.01.06

(2) The results of the development of medium and low-temperature asphalt additive

- Asphalt aging prevention and improvement of product quality (Performance comparison)

The research results

: Medium temperature recycled asphalt mixture used to develop medium and low temperature asphalt additive material, conventional heating recycled asphalt mixture compared to 30~50 °C low temperature in the heating production already, it is possible to prevent the premature aging of the asphalt, medium and low temperature (100~130 °C) But, in comparison with the existing reproduction heating asphalt mixture, there is a thing that was verified already excellent quality performance, test results summary table below, in has been developed and low-temperature asphalt additive the production facilities of the site recycled asphalt (FR-APS) low-temperature asphalt mixture in which is manufactured by applying to the (new material, playing) with the existing stationary plant and asphalt mixture, which was produced in the production facilities of the existing site (HMA) as a result of the comparison test, to confirm the superior quality performance.

<Table 8> Result tabulation of quality performance verification test

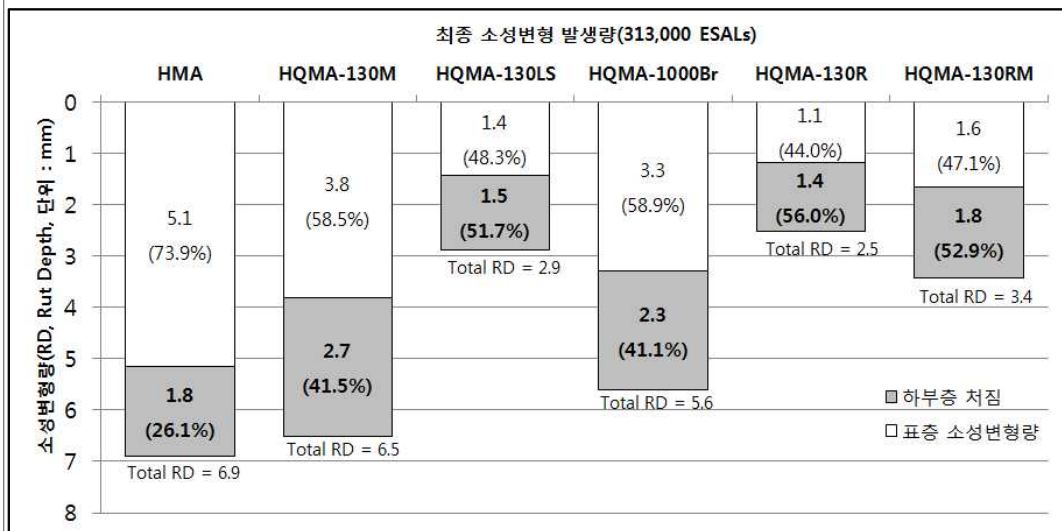
Divide		mix	Test result					
		compact	Marshall stability	Flow value	Porosity	A degree of saturation	TSR	Toughness
Measure		℃	N	1/100 cm	%	%	N/mm²	N · mm
The existing stationary recycle ascon (HMA)		160	8,570	33	4	76	0.9	9,991
		145						
The existing field recycle ascon (HMA)		150	9,714	32	4	76	1.1	10,346
		135						
The field recycle ascon	HQMA-130 (new, WMA)	130	9,221	32	4	75	1.0	10,213
		115						
	HQMA-130R (recycle, WMA)	130	10,191	31	4	76	1.1	10,536
		115						
Quality standard (SPS-KA10002-F2349-20141231)			5,000 or more	20~40	3~6	65~80	0.8 or more	8,000 or more

[Test institution : Korea Testing & Research Institute(KTR)]

-Common verification of med-low temperature asphalt additive (Accelerated Pavement Testing, APT)

: For verification of commonality in has been developed and low-temperature asphalt additive, through production facilities on-site recycled asphalt packaging accelerated test a mixture prepared by applying to (FR-APS) (APT), of commonality We were able to confirm the performance superiority in the verification results, and low-temperature asphalt additive.

<Figure 4> comparison graph of the amount of generation of material-specific average plastic deformation (313,000 ESALs)



[Refer : Joint research report (The development of multi-purpose asphalt warm-additive)]

- Reducing fuel costs and low-carbon(reducing carbon emissions) product ascon environmentally friendly

The research results

: Ascon environmentally friendly using medium-low temperature asphalt additive that has been developed, the results of the existing compared to the hot asphalt mixture fuel costs about 35% of the reduction and harmful gas emissions is about 33.3% (carbon dioxide) reduction

<Table 9> Comparison of raw materials and emissions harmful amount of gas generated during the asphalt mixture 1 ton production

Divide	Fuel (L/ton)	Dust and harmful gas			
		CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	SO _x (ppm)	CO (ppm)
Hot mix ascon	7.7	6.3	38	8	1,300
Warm mix ascon	5.0	4.2	34	7	1,200
Saving rate	35.0%	33.3%	10.5%	12.5%	7.7%

[Refer : Ministry of Land, Infrastructure and Transport Press release(Highway, 2012.2.14.TUE) To reduce greenhouse gas for creating comfortable road]

(1) Utilization plan of the production facilities of the site regeneration asphalt

Divide	Content
Technical aspects	► Comparison with the existing field recycle ascon system About 30% decrease of the process rate, use the field recycle ascon product system. The existing facilities have 3 unit for 1 set and large scale of a length of about 51m, have to heat road surface about three times and need two times surface cutting process, so it can be applied only large-scale construction site, development facilities in 1unit a length of about 19m in 1set(about reduction of 32m compared to the existing facilities), can be applied to small-scale construction work from a large field, the daily production output about 100ton/day can be produced more. ► Comparison with the existing stationary recycle ascon plant The research facilities (road surface heating type) does not have the process system of waste ascon generated like the existing stationary recycle ascon plant (transportation to package cutting → plant transport → re-processing production → again site) during the processing in the absence of supply site of no regional limits, saving construction costs, such as transportation costs at the time whereas the maximum recycled aggregate utilization of existing stationary recycle ascon plant is 30%, the application of the production equipment of the research facilities eliminate Ministry of resources in, 100% recycling in the field of waste asphalt generated environmental issues, of course, faster construction speed by omitting the transportation process, has been able to alleviate the traffic congestion
Industrial economic aspects	► By 100% recycled manufacturing recycle ascon packaged cutting, savings in construction costs ► Construction work on the device once-through at the time of pavement construction enforcement is complete, by reducing the time, there can be a savings in construction costs
Utilization	► Domestic field application of the production equipment of the development site recycled asphalt (domestic road paving work) ► After the mass production of equipment, the export of foreign equipment

(2) The utilization plan of mid-low temperature ascon additive

Future plan of research results	Divide	Content				
	Technical aspects	And function as a med-low temperature additive, to demonstrate the complex functions of the recycle additive, also, because even in low and medium-low temperature (100~130 °C) temperature has sufficient liquidity to carry, laying, compact easy, especially winter construction work, because it has an excellent workability as compared to the typical asphalt mixture incidence at the time of the long distance to carry is reduced				
	Industrial economic aspects	Harmful gases such as carbon dioxide at the time of an existing mixture of med-low temperature ascon additives to produce a mixture of reduction of up to -30~50 °C compared to the asphalt mixture production temperature (160 °C or more) (100~130 °C) production and reduction of the amount of generated about 30 percent, have this pine 60 million of tree planting effect In addition, a mixture of med-low temperature ascon additive due to a decrease in the heating temperature as compared to the existing asphalt mixture during production of (100~130 °C) (160 °C or higher), a decrease in the heating temperature and the heating time of aggregate and asphalt have the effect of reducing the use of fuel and production costs ※ Savings of petroleum fuel per ascon 1ton (per 2.7L / ascon 1ton) [Reduction of manufacturing temperature 10 °C reduce the amount of 0.9L / ton: 0.9L / ton x3 (30 °C decrease) = Reduction of per 2.7L / ascon 1ton] ※ Annual savings of petroleum fuel (80,767,036 thousand won / year) [average production output about Domestic ascon 28,522,667ton x ascon 1ton per cut 2,831 won = 80,767,036 thousand won / year] * Refer : Ministry of Land, Infrastructure and Transport Press release (. Highway, 2012.2.14, PAGE5) 'To reduce greenhouse gas for creating comfortable road'				
	Utilization	At the same time as the commercialization, overseas export plan, is scheduled Malaysia overseas export consultation further contract proceeds even in countries other than in progress, also, because the demand for medium-temperature ascon is a tendency to increase, expansion of the market is high, it is determined that the very bright, demand outlook to encourage production in each municipality and road construction				
Keywords (5 or less)	Field recycle ascon product system	Surface heater	Direct and indirect heating mixer	Mid-temperature recycle ascon	Mid-low temperature ascon additive	

6. 영문 목차

< Contents >

1.Overview of Research and Development Challenges -----	31
2.Current situation of domestic and international technology development-----	37
3.Content and results of the research carried out-----	41
4.Contribution of goal achievement and to related fields-----	74
5.Utilization plan of research and development results-----	76
6.Collecte d scientific and technical information overseas in the course of research-----	80
7.Security evaluation of R & D results-----	81
8.National Science and Technology Information current state of research facilities and equipment, which was registered in the system-----	82
9.Performance track record of safety measures such as laboratory associated with the execution of the research and development challenges-----	83
10.Representative research achievements of research and development challenges---	84
11.Other Matters-----	85
12.References-----	86

7. 본문 목차

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	31
2. 국내외 기술 개발 현황	37
3. 연구 수행 내용 및 성과	41
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	74
5. 연구개발성과의 활용 계획	76
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	80
7. 연구개발성과의 보안등급	81
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	82
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	83
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	84
11. 기타 사항	85
12. 참고 문헌	86

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적 및 필요성

첫 번째 재생아스콘 생산설비 연구개발의 목적은 기존의 정치식 재생 아스콘 플랜트에 의한 생산 시스템의 생산 공정인 현장의 폐아스콘 발생재를 절삭하여 → 플랜트로 운반 → 재가공 생산 후 → 다시 현장으로 운반 포설하는 공정을 거치기 때문에 경제성, 신속성, 안정성 등에서 불리하고, 재생골재 사용률(약 30% 이하)이 낮으며, 또한 현장과 생산 플랜트가 장거리이거나, 동절기의 경우 제품 생산 온도관리 및 품질관리 상, 공급의 지역적 한계가 있는 문제점이 있었다.

또한 국내에 상기의 정치식 재생 아스콘 플랜트의 문제점을 개선하기 위하여 외국으로부터 20여 년 전 1대가 수입되어 도입된 기존 현장 재생 아스콘 생산시스템은 설비의 규모(설비 조합 1세트 당 3대, 길이 약 51m)가 너무 큰 관계로 대규모 공사현장 이외에는 적용이 매우 어렵고, 설비가격(도입가격 40~50억원) 또한 매우 고가임에 비해 생산 효율이 낮으며(일일 약 500ton), 품질성능 또한 고온 가열(150℃이상)에 의해 기존 포장재에 있는 아스팔트의 조기노화로 인한 품질저하, 재생골재와 신재 아스콘의 혼합성 확보 어려움 등의 문제점 또한 있었다.

상기의 문제점을 개선하기 위하여 개발한 신청기술의 현장 재생 아스콘 플랜트(노면가열형)는, 현장에서 공사 중 발생하는 재생골재 100%를 전량으로 사용하고, 장거리, 도서산간 등 공급의 지역적 한계를 극복, 대규모 공사는 물론 소규모 공사까지 가능토록 설비규모(1세트 당 1대, 길이 약 19m) 대비 생산효율을 향상시켰으며, 경제성(기존설비 대비 약 30% 수준)으로 향산 시키는 목적으로 개발하였다.

두 번째 중·저온 재생아스팔트 첨가제 개발의 목적은 기존 일반 가열아스팔트 혼합물 생산 시 고온가열(150~160℃이상)에 의한 연료소모량 증대 및 이산화탄소 배출량의 과다 발생으로 대기오염 및 지구 온난화 촉진에 문제점이 있었고, 고온가열 생산 시 아스팔트의 조기노화 촉진으로 재활용시 품질의 내구성 저하 발생 문제가 있었으며, 고온가열 생산 시 시공 후 교통개방 시간의 지연 문제점이 있었다.

상기의 문제점을 개선하기 위하여, 기존 가열 아스팔트 혼합물보다 30~50℃도 낮은 온도에서도 재생 아스팔트 혼합물의 혼합성 및 시공성을 확보할 수 있는 중·저온 아스팔트 첨가제를 개발하여, 상기와 같이 개발된 현장 재생 아스팔트 플랜트(노면가열형)에 적용함으로써, 환경성 개선(사용연료 약 30% 절감, 이산화탄소 배출량 30% 저감), 아스콘의 조기노화 예방 및 품질성능의 향상을 목적으로 개발하였다.

2. 연구개발 범위

가. 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)의 개발 범위

연구 개발 설비인 현장 재생 아스콘 생산설비를 기존 해외에서 도입된 설비에 비해 규모를 줄이고(기존 설비 : 약 51m 이상, 연구개발 설비 : 약 19m), 1대의 설비에 의해 노면가열부터 골재혼합, 재생 아스팔트 혼합물 생산까지 한번에 현장에서 직접 적용할 수 있도록 개발하였다.

<표 1> 기존 설비(해외) 대비 연구개발 설비 구성 비교

구분	기존 설비(해외도입)		연구개발 설비(자체제작)	
SET	3 unit		1 unit	
구성	예열기 (17.5m)	1차 가열기	1 unit (19m)	노면가열장치 (10.9m)
	A-unit (17.5m)	2차 가열기		골재호퍼 (5.7m)
		1차 절삭기		Belt Conveyor (8.7m)
	B-unit (16.0m)	3차 가열기		직·간접열 강제식 스크류믹서 (4.7m)
		2차 절삭기		순환식 중저온 혼합믹서 (2.7m)
		1차 혼합 가열기(예열기)		
		2차 혼합 가열기(예열기)		
길이	51 m 이상 (3대의 설비로 이동)		19 m (트레일러 1대에 설치)	
비고	3대가 연속적으로 움직여 소규모현장 진입 불가능함		1대의 설비에 모두 구성되어있어 다양한 현장에 적용이 가능함	

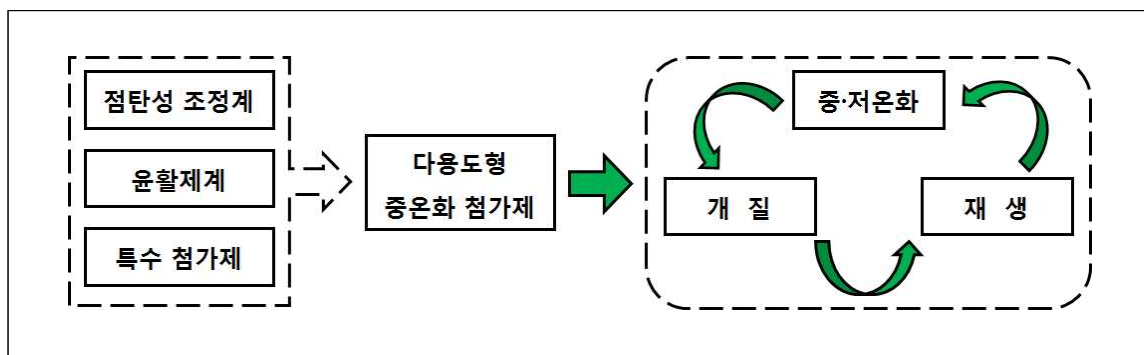
기존 설비(해외) 대비 연구개발 설비의 구성을 비교한 <표 1>과 같이 기존 설비는 총 3unit로 1set를 구성하며, 노면을 파쇄하기 전 노면에 열을 가하는 1차 가열기인 예열기(17.5m), 노면을 2차로 가열하는 장치와 노면을 1차로 절삭하는 A-unit(17.5m), 1차로 절삭된 노면을 3차로 가열하는 장치와 가열된 노면을 2차로 절삭하는 B-unit(16.0m)은 1차, 2차로 노면 파쇄된 골재의 혼합물을 가열하는 장치도 부착되어있어 3unit(51m 이상)이 연속적으로 움직일 수 있는 대규모 현장이어야 적용이 가능한 설비였다.

따라서 이와 같은 문제점을 보완하기 위해 연구 개발한 설비는 1unit로 1set를 구성하며, 노면가열장치, 파쇄된 골재를 저장하는 호퍼와 신골재 호퍼가 각각 장착되어있고, 재료를 1차적으로 혼합하기위해 설치된 직·간접열 강제식 스크류 믹서에 이송시키기 위한 벨트컨베이어와, 최종 제품을 생산하는 순환식 중·저온 혼합 믹서가 19m의 트레일러 상부에 설치되어 있어 기존의 해외 설비규모 대비 약 32m 축소 시켜, 1대의 설비로 대규모 현장은 물론 소규모 도로 및 아파트 신축공사 현장에도 투입·적용 시킬 수 있는 규모로 개발 하였다.

나. 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)의 개발 범위

중온 첨가제는 낮은 온도($120\sim 145^{\circ}\text{C}$)에서 혼합이 가능하도록 하기 위해, 중온에서 아스팔트의 점도를 낮추어 골재 피복을 도와주는 매개체로서 그 종류로는 첫 번째로, 파라핀 왁스를 주성분으로 하는 Sasobit Wax가 있으며, 이는 100°C 이하에서 용융점을 갖고, 용융점보다 낮은 온도에서는 높은 점성을 갖는 반면, 높은 온도에서는 낮은 점성을 갖는 Wax 타입의 첨가제로서 아스팔트 바인더의 점도를 감소시킨다. 두 번째, 폼드(Foamed)형으로 가열된 아스팔트에 물 푼느 습윤성 골재를 투입하면서 발생하는 증기에 의해, 바인더의 순간적인 체적 팽창을 유도하여 이로 인해 아스팔트 바인더의 점도를 감소시키는 원리를 갖는 첨가제가 있다. 세 번째로는 계면활성제 또는 유화제 성분에 포함된 표면활성물질이 거품을 일으켜 아스팔트 바인더의 점성을 낮추는 화학 첨가제가 있다.

연구개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)는, 아스팔트 및 아스팔트 혼합물에 첨가함으로써, 재생 아스팔트 혼합물의 생산온도 및 시공온도를 약 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 낮추어, 저탄소화(약 30% 저감) 효과를 발휘하도록 하는 첨가제이다.



<그림 1> 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)

<그림 1>과 같이 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)는 상온에서 고체적 성상을 나타내고, 일정온도 이상 시 급격히 아스팔트의 조성분자량 분포를 조절하여 중·저온의 온도에서도 작업성, 점착력과 부착력을 향상시키는 점탄성 조정계 재료와, 융점이상이 되면 아스팔트 및 골재의 경계면에 윤활성을 높여 중·저온의 온도에서도 혼합성과 다짐성을 향상시키고, 노화아스팔트의 연화작용을 발생시켜 재생첨가제의 역할도 하는 윤활제계 재료를 사용하고, 추가로 개질기능을 강화시킨 특수첨가제로 이루어져 하나의 첨가제로 아스팔트의 중온화 기능은 물론 아스팔트의 개질 기능 및 노화 아스팔트의 재생 기능을 추가로 갖는 다기능성의 복합형 중온화 아스팔트 첨가제를 현장에서 직접 적용할 수 있도록 개발하였다.

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

국내에서는 현장재생 아스팔트 플랜트에 대한 기술개발이 전무하며, 20여 년 전 1대가 수입되어 활용되고 있으나, 장비가 대형으로 운반이 어려우며, 도로폭이 7m 이상이어야 하며, 곡률이 심한도로는 사용이 어렵다. 또한 지하매설물의 굴착복구공사에서는 사용이 불가능하며, 대기 온도가 낮을 경우에 사용이 어려운 문제점을 갖고 있다.

또한, 가열 방법에서는 가열 후 잔류열은 집진기를 통하여 바로 배출되어 연료의 손실이 많으며, 혼합 방법은 노면 가열, 노면 절삭과 간단한 퍼그밀 믹서에 의한 공정 과정에서 혼합이 되므로 혼합 성능이 떨어진다.

<표 2> 국내 재생 아스콘 기술 현황

구분 항목	정치식 재생 아스팔트 플랜트 생산 시스템 (고정식)	기존 현장 재생 아스팔트생산시스템 (해외도입)	연구개발 현장 재생 아스팔트 생산시스템 (자체개발)
시공성	*다단계 공정으로 교통체증 및 공사기간 2배 증가 (포장절취-절삭아스콘제거-절취면청소-텍코팅-포설공정) *일반아스팔트 피니셔로 포설 *운반거리 1시간 이내에 플랜트 공장이 있어야 가능 (지역적 한계)	* 포장면의 절취와 동시포설로 공기 단축이 되나 장비의 규모가 커(51m이상) 대규모 직선현장에만 적용가능 * 현장가열 표층재생장비 필요 * 절취부분 전량 재활용으로 공사비 절약, 자원 절약	* 포장면의 절취와 동시포설로 공기 단축이 되며 1set에 1unit(19m)의 장비로 이루어져 대규모 소규모 현장까지 적용가능함 * 1unit의 설비에 노면가열장치부터 혼합물 생산장치까지 구비되었으며 시공성 또한 우수함 * 절취부분 전량 재활용으로 공사비 절약, 자원 절약

<표 2> 국내 재생 아스콘 기술 현황

구분 항목	정치식 재생 아스팔트 플랜트 생산 시스템 (고정식)	기존 현장 재생 아스팔트생산시스템 (해외도입)	연구개발 현장 재생 아스팔트 생산시스템 (자체개발)
안정성 및 품질	*대량 집하되고, 야적된 페아스콘의 사용으로 인하여 균일한 품질의 아스팔트 제조의 어려움 *콜드 절삭으로 인하여 골재가 많이 깨져 혼합물 생산시 내구성 저하	* 표층을 가열하고 절삭하는 공법이나 대기로 방출되는 가열방식으로 타차로에 영향을 끼침 * 노면에서 재료를 이동시켜 노면 표면부에 항상 재료가 남아 있어 원활한 품질유지가 어려움	* 열순환식 노면가열시스템으로 대기중으로 방출되는 유해가스가 없으며, 타차로에 영향을 주지 않아 매우 안정적임 * 재료이송장치가 설비상부에 있어 재료이동이 원활함
경제성	*재활용율 떨어지고, 운반비 및 페아스콘 처리비용으로 공사비가 증가됨 *재활용율 최대 20~30%	* 페아스콘 100% 재활용으로 페아스콘 처리비용 없음	* 페아스콘 100% 재활용으로 페아스콘 처리비용 없음 * 중·저온 생산으로 사용 연료비 절감
환경 친화성	*페아스콘 처리로 토양의 산성화 *절삭시 비산분진 과다 발생	* 페아스콘을 100% 재활용하나 노면가열시 대기로 방출되어 환경친화적이지 못함	* 페아스콘을 100% 재활용 * 열순환식 노면가열장치로 대기중 유해가스 방출 없음

위 <표 2> 는 국내 재생 아스콘 생산기술의 현황에 관한 내용으로 연구 개발한 현장 재생 아스팔트 생산시스템(자체 개발) 대비 고정식 재생아스팔트 플랜트 생산 시스템과, 기존 현장 재생 아스팔트 생산 시스템(해외 도입)과의 시공성, 안정성 및 품질, 경제성, 환경친화성에 대한 비교로, 기존 고정식 설비의 문제점인 생산공장과 현장간의 운반거리의

지역적한계가 있는 문제점이 있고, 현장 재생 설비(해외 도입)는 거대한 설비의 크기에 (3unit당 1set)의해 대규모 직선거리 현장에만 적용이 가능하다는 한계를 갖고 있다.

이러한 시공상의 문제점을 연구개발 현장 재생 아스팔트 생산시스템(자체 개발)에서는 시공부분에서 포장면의 절취와 동시 포설로 공기가 단축되며, 절취부분 전량 재활용으로 공사비 및 자원의 절약을 기대할 수 있고, 1unit당 1set(19m)의 설비에 노면가열장치부터 혼합물 생산 장치까지 구비되어 대규모 현장부터 소규모 현장까지 적용이 가능하다.

또한 노면가열시 발생하는 유해가스 방출을 최소화 할 수 있도록 열순환식 노면 가열 시스템을 적용하여 생산 중 다른 차로에 영향을 주지 않아 도로적용에 매우 안정적인 설비이며, 폐아스콘을 100% 현장에서 재활용 하므로 폐아스콘 처리비용이 없어 처리비용이 들지 않아 매우 경제적이다.

2. 국외 기술개발 현황

2008년부터 미국에서는 AR-2000과 같이 대형 현장 표층재생 설비가 개발되어, 적용하고 있는데, 노면 가열 방식이 열순환방식으로 구성되어 열효율을 높인 기술을 활용하고 있다.

외국에서는 대형설비부터 소파보수장비까지 개발되어 활용하고 있으며, 독일에서는 컴팩트한 2중구조, 즉 기존포장을 가열, 절삭하여 그대로 포설하면서 같이, 그 상부에 신재 아스콘으로 덮어서 시공하는 설비가 개발되어 활용되고 있다.

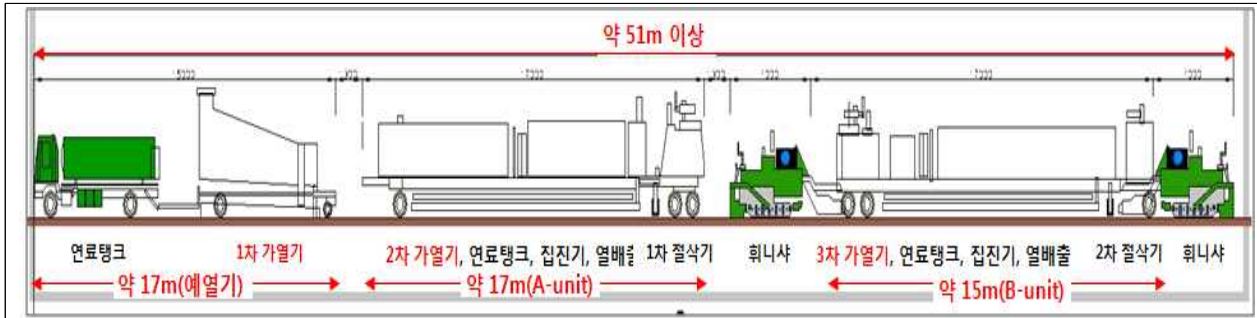
일본에서도 순환식 가열믹서에 대한 특허 등을 획득하여 활용하고 있으며, 캐나다에서도 기존 방식을 개선하여 개발하는 등 기존 방식을 개선하는 등 현장재생 생산 System에 대한 연구를 활발히 하고 있다.

도로의 노화된 아스팔트 포장의 페아스콘은 아스팔트 성분이 그대로 존재하고 있어, 재 활용하여 사용하는 것이 사회적 비용을 줄이고, 오염물질을 줄이는 결과이기 때문이다.

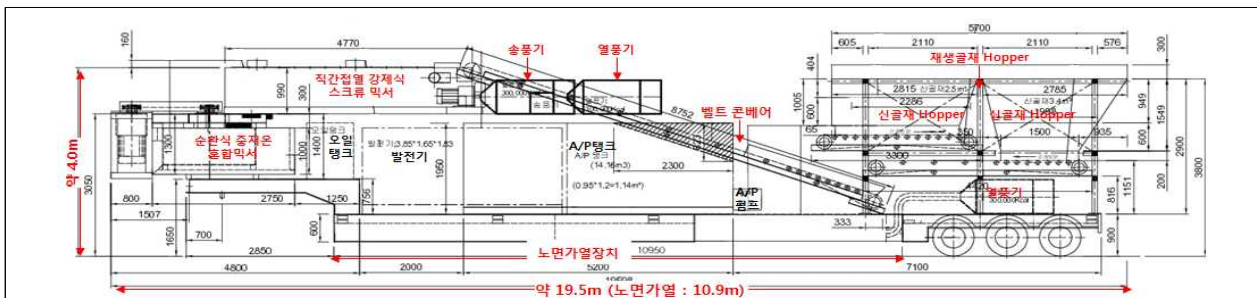
제3장. 연구 수행 내용 및 성과

1. 연구수행 내용

가. 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)



<그림 2> 기존설비(해외도입) 구조 도면



<그림 3> 연구개발설비(자체제작) 구조 도면

(1) 설비 규모

연구개발 현장 재생 아스콘 생산 설비는 기존 설비에 비해 약 32m 설비규모를 축소하여, 대규모 공사현장 및 소규모 현장까지 적용 가능하도록 하였다.

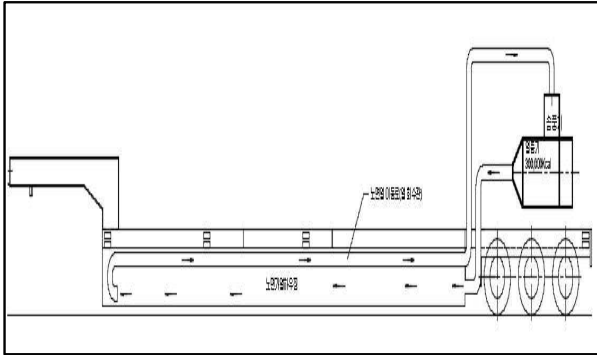
<표 3> 설비 규모 비교

기존 설비(해외 도입)	연구개발 설비(자체 개발)
	
약 51m (3unit / 1set)	약 19m (1unit / 1set)

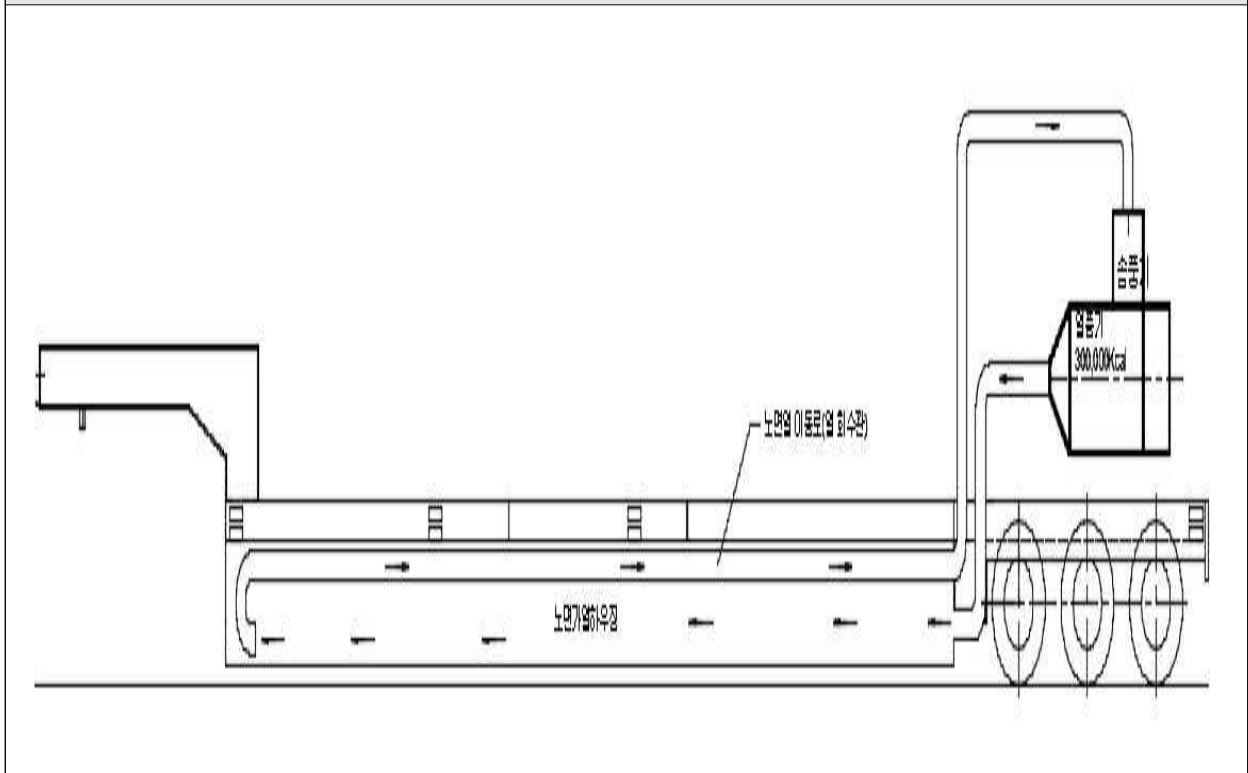
(2) 노면 가열 방식

기존 설비(해외 도입)의 노면 가열방식은 3대의 설비에 의해 3단계에 걸쳐 (예열, 1차, 2차) 직접 노면 가열하는 집진기 열배출 방식을 적용하였으나, 연구개발 현장 재생 아스콘 생산 설비는 트레일러 하단부에 순환식 열풍시스템에 의한 간접노면 가열 시스템을 적용하여 직접노면 가열시 발생하는 아스팔트 조기노화를 예방하였고, 순환식 열풍으로 열 효율성을 높여 연료 사용량을 줄였고, 대기로 직접 열을 배출하지 않아 유해가스 발생을 줄이도록 하였다.

<표 4> 노면 가열 방식 비교

기존 설비(해외 도입)	연구개발 설비(자체 개발)
 [1차 노면가열(예열기)]	 [노면가열 장치(전면)]
 [2차 노면가열(A-unit)]	 [노면가열 열풍기 및 열풍 이송관]
 [3차 노면가열(B-unit)]	 [노면 가열장치 열 순환 구조]
복사열, 직접노면가열 (집진기 열배출 방식)	간접노면 가열(열 순환 방식)

연구개발 설비 도면



<그림 4> 노면가열 열순환 구조

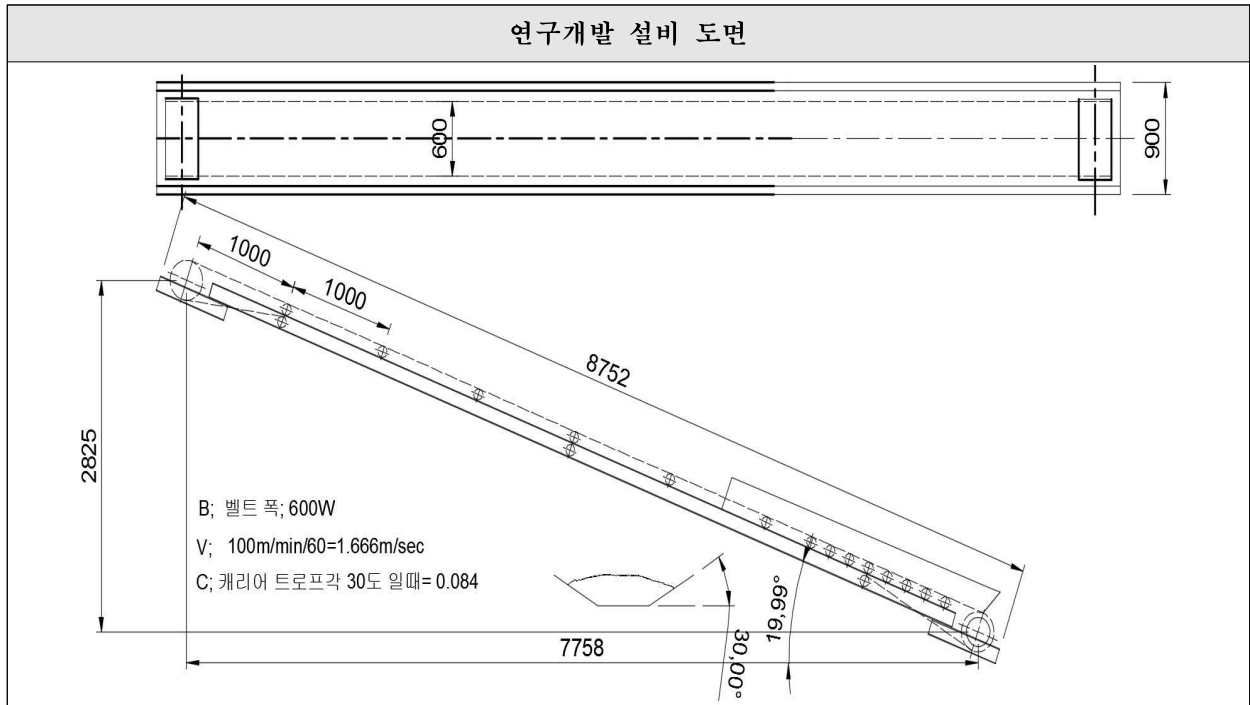
<그림 4> 는 연구 개발설비에 적용된 노면 가열 열순환구조의 설비 도면으로 노면을 가열한 열이 대기중에 방출되지 않고, 노면을 가열한 열이 순환 시스템에 의해 열 회수관에 의해 열이 이동하는 공정을 나타내고 있다.

(3) 재료 이송 방식

기존 설비(해외 도입)의 골재 등 재료의 이송을 설비 하부의 컨베이어 벨트에 의해 노면에서 이송이 이루어지는 방식을 적용하여 재료가 100% 이송되지 않고 노면에 남아있어(○부분) 상부층 포설시 노면과의 접착성이 떨어질 우려가 있었고, 평탄성이 좋지 않았으나, 연구개발 현장 재생 아스콘 생산 설비의 재료 이송방식은 설비 상부에 설치된 컨베이어로 재료가 이송되어 노면부에 잔여물이 전혀 남아있지 않도록 하여 기존 설비의 문제를 발생시키지 않도록 하였다.

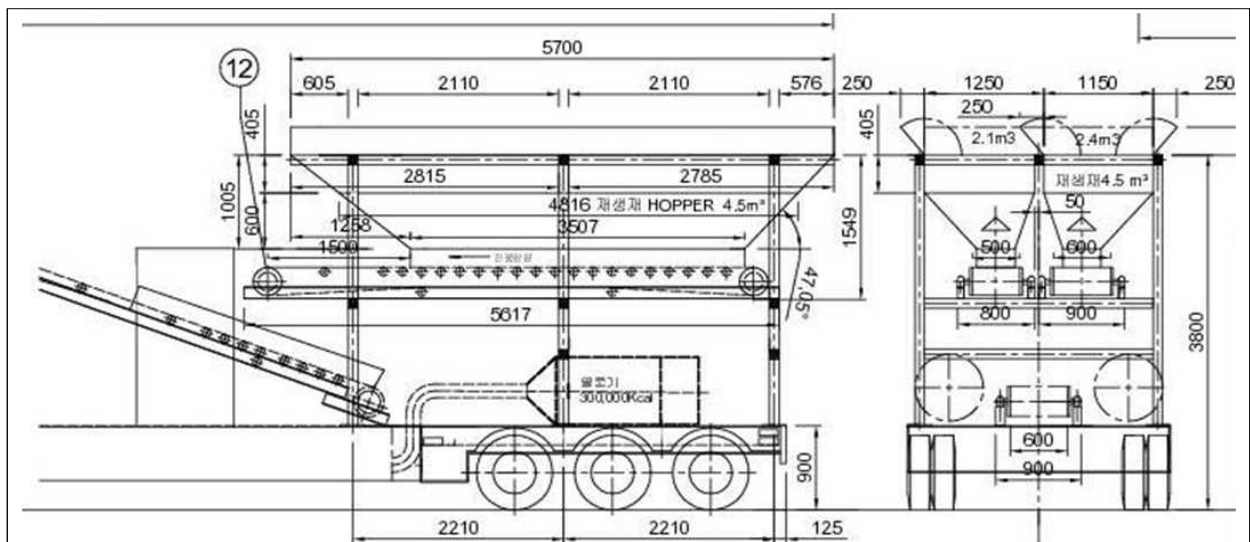
<표 5> 재료 이송 방식 비교

기존 설비(해외 도입)	연구개발 설비(자체 개발)
 [B-unit 재료이송 컨베이어]	 [재료이송 컨베이어]
 [B-unit 재료이송 컨베이어]	 [재료이송 컨베이어]
설비 하부 재료이송 컨베이어	설비 상부 재료이송 컨베이어



<그림 5> 재료 이송 컨베어 벨트

<그림 5> 는 파쇄된 순환골재와 신골재의 재료를 직간접열 강제식 스크류믹서로 이송시키는 지상 컨베어 벨트의 도면으로, 기존의 해외설비의 재료이송 방식의 문제점을 보완하여 지상에 설치하는 방식인 재료 이송 컨베어 벨트를 적용하였다.



<그림 6> 재료 저장 호퍼(신재, 재생) 및 이송 컨베어 벨트 연결

<그림 6> 은 재료 저장 호퍼(신재, 재생)의 도면과 호퍼의 재료를 이송하는 컨베어 벨트의 연결 부위의 측면과 정면의 도면이다.

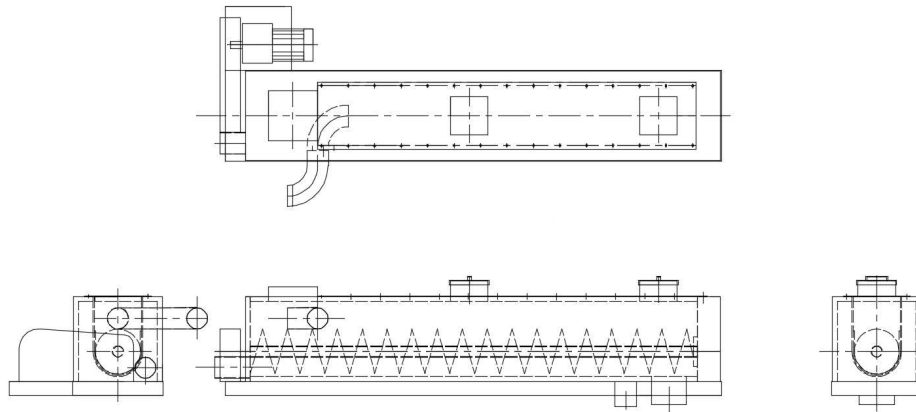
(4) 혼합 믹서 방식

연구개발 현장 재생 아스콘 생산 설비의 혼합 믹서 방식은 기존설비(해외 도입)와 같이 1차, 2차로 혼합하는 2중 혼합방식은 같으나, 연구개발 설비는 재료의 혼합 시 1차(가열 스크류 믹서) 및 2차(가열 팬타입 믹서)에 걸쳐 순환식 열풍시스템이 더해져 혼합 중 온도가 유지되므로 기존 설비에 비하여 혼합성이 높아져 최종 재생 아스팔트 혼합물 생산 시 품질성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

<표 6> 혼합 믹서 방식 비교

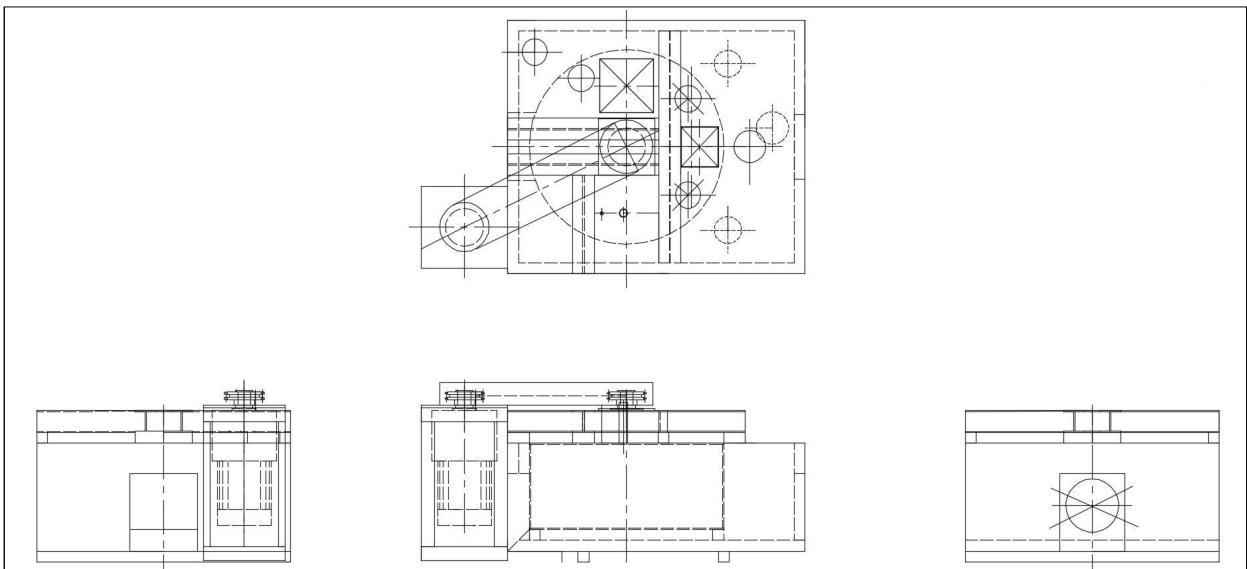
기존 설비(해외 도입)	연구개발 설비(자체 개발)
 [1차 혼합 : 퍼그밀 믹서]	 [1차 혼합 : 직간접열 강제식 스크류믹서]
 [2차 혼합 : 2축식 믹서]	 [2차 혼합 : 순환식 중·저온 혼합믹서]
1, 2차 일반 혼합	1, 2차 혼합시 순환식 열풍으로 혼합성능 향상

연구개발 설비 도면



<그림 7> 직간접열 강제식 스크류 믹서

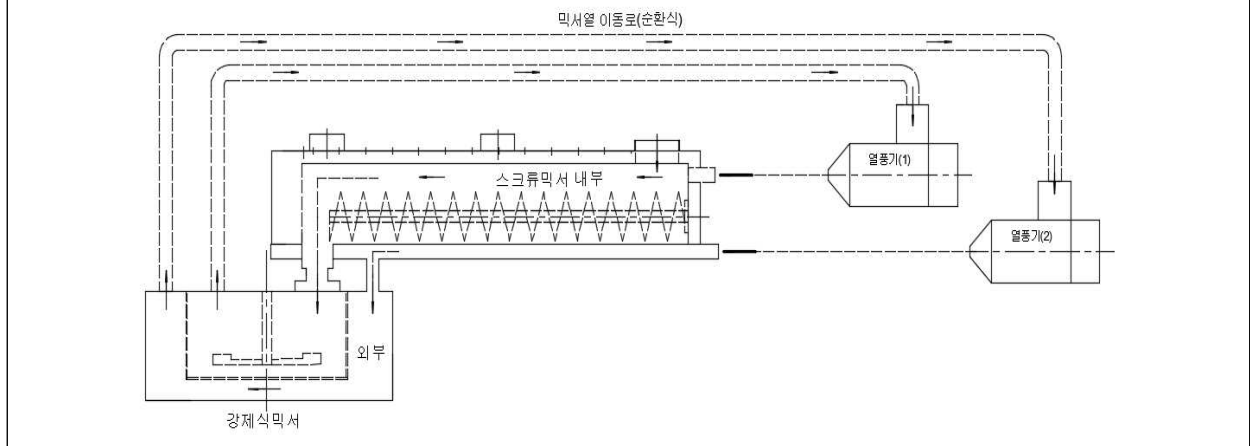
<그림 7> 은 컨베이어 벨트로부터 이송된 재료를 순환식 열풍에 의해 1차적으로 가열하면서, 재료를 믹싱하는 직간접열 강제식 스크류 믹서의 도면이다.



<그림 8> 순환식 중저온 혼합믹서

<그림 8> 은 직간접열 강제식 스크류 믹서에 의해 1차 가열 믹싱된 혼합물이 아스팔트와 첨가제가 혼합된 최종 제품이 나오는 2차 혼합 믹서로(팬 타입) 혼합성능이 향상되어 아스팔트 혼합물 생산시 품질성능을 향상 시킬 수 있다.

연구개발 설비 도면



<그림 9> 순환식 열풍 이동경로(직간접열 강제식 스크류믹서, 순환식 중저온 혼합믹서)

<그림 9> 는 직간접열 강제식 스크류 믹서와 순환식 중저온 혼합믹서의 열풍 이동경로로 열풍기에 의해 생산된 열풍은 1차적으로 직간접열 강제식 스크류믹서를 통과하여 아스팔트의 피막을 위해 재료의 온도를 높이고, 2차적으로 최종 제품이 생산되는 혼합 믹서의 외부로 열풍이 투입되고, 잔류열은 열 순환 시스템에 의해 열 회수관으로 이동하는 공정을 나타내고 있다.

나. 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)

(1) 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 기능 및 작용

개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)는 상온에서 고체적 성상을 나타내고, 일정온도 이상 시 급격히 아스팔트의 조성분자량 분포를 조절하여 중·저온의 온도에서도 작업성, 점착력과 부착력을 향상시키는 점탄성 조정계 재료와, 융점이상이 되면 아스팔트 및 골재의 경계면에 윤활성을 높여 중·저온의 온도에서도 혼합성과 다짐성을 향상시키고, 노화아스팔트의 연화작용을 발생시켜 재생첨가제의 역할도 하는 윤활제계 재료를 사용하고, 추가로 개질기능을 강화시킨 특수첨가제로 이루어져 하나의 첨가제로 아스팔트의 중온화 기능은 물론 아스팔트의 개질 기능 및 노화 아스팔트의 재생 기능을 추가로 갖는 기능을 갖는다.

<표 7> 개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 기능 및 작용

구성 재료			기능 및 작용
중 온 화 재	점탄성 조정계	• 브라운 아스팔트 • 로진 • SBS	• 상온에서 고체적 성상을 나타내고 일정온도 이상 시 급격히 아스팔트의 조성 및 분자량 분포 조절하여 중·저온의 온도에서도 작업성 개선 및 점착력, 부착력 향상 (중온화 및 개질 기능)
	윤활 제계	• 프로세스오일 • EVA등	• 융점 이상 (80℃이상)이 되면 아스팔트 및 골재 경계면에 윤활성을 높여 중·저온의 온도에서도 혼합성과 다짐성의 향상 (중온화기능) • 노화 아스팔트 연화 작용 재생첨가제 역할 (윤활, 재생첨가제 기능)

<표 7> 개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 기능 및 작용

구성 재료		기능 및 작용
특수 첨가제	코팅 숙성 고무분말	• 개질 유동화제로 코팅된 분쇄 페타이어가 골재의 잔 공극을 채움과 동시에 탄성 부여 (개질 기능) • 아스팔트의 감온성을 개선하여 중온 또는 중·저온에서 아스팔트 혼합물의 탄성을 유지, 강도 개선 (감온성 및 탄성 개선 기능)
	코팅 질석	• 골재와 골재 사이에 끼어 골재 형상대로 변형되면서 골재를 서로 부착하게 하는 부착 매개체 역할을 하여, 골재간의 결합력을 증대시켜 강도 증진 (개질, 부착력 개선 기능)
	코팅 셀룰로오스	• 개질 유동화제로 코팅된 셀룰로오스 섬유는, 고무줄과 같이 탄성 이 있는 미세한 실로 변형되어 혼합물의 인장력, 전단력, 휨강도 등을 개선 (혼합물의 균열저항성 증진 기능)

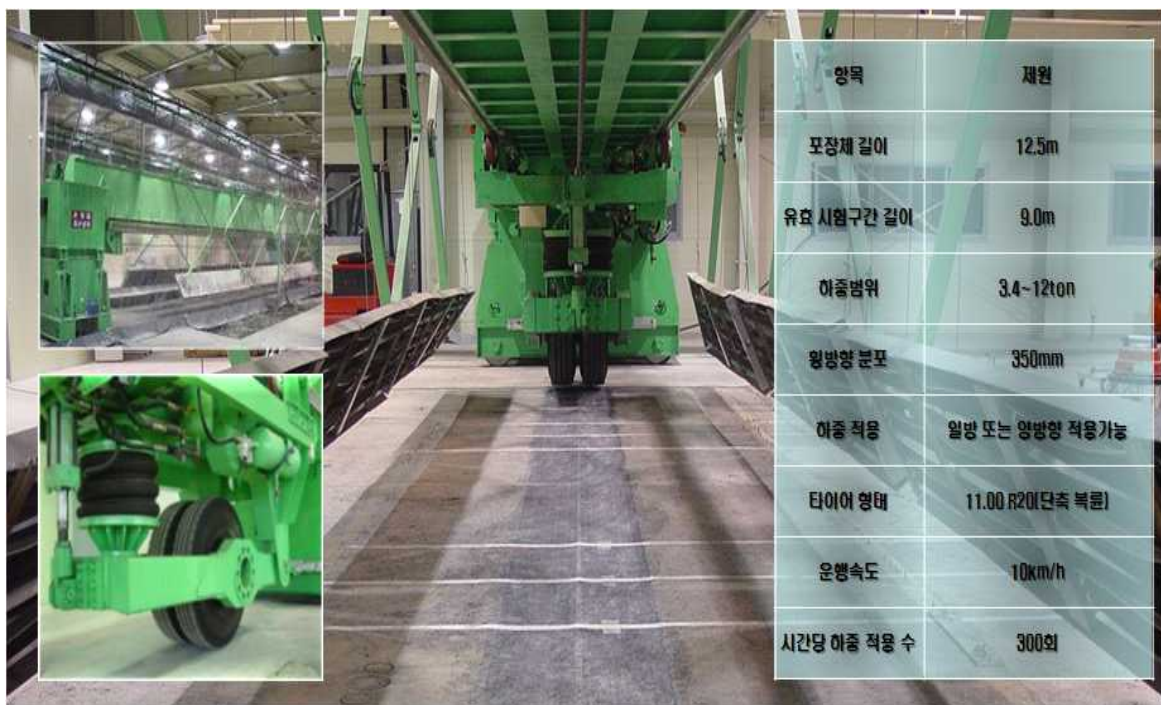
(2) 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 효과

<표 8> 연구 개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 효과

적용 목적		효 과
온도 저감	생산 온도 저감	연료 절감, 이산화탄소 발생량 감소(친환경)
	시공 온도 저감	공사규제시간 단축 (도로정체 완화)
		초기 노화, 소성변형의 억제 (포장수명 향상)
혼합성 시공성 향상	재생 아스콘 이용 촉진	재생골재의 이용 촉진, 시공성 개선 (재생기술의 향상)
	동절기 시공에서의 품질확보	소요 다짐도의 확보 (공사의 연간 지속 가능)
	다짐장비 편성 축소	작업 공기 단축, 1일 시공량 증대

(3) 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 공용성 평가

개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 장기적인 공용성을 평가하기 위하여, 포장가속시험 (APT)을 실시하여 성능의 우수성을 검증하였으며, 포장가속시험의 목적은 향후 약 20년 동안 받을 교통하중을 수개월 내에 받도록 하여, 아스팔트포장의 장기 공용성을 검증하는 일종의 실험 모사시험으로서, 신재료나 신기술 개발 시, 현장 적용 전에 거치는 일종의 검증시험으로 이를 적용한 시험포장에 대한 장기공용성 평가를 통하여 기술의 신뢰도를 제고하였다.



<그림 10> 한양대학교 포장가속성 시험기(APT)

(4) 실내시험을 통한 혼합물의 물성 비교 검증

개발한 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)를 연구개발 설비(FR-APS)에 적용한 중·저온 아스팔트 혼합물에 대한 품질성능을 확인하기 위해 공인시험연구 기관(한국화학융합시험연구원)에 주요 성능에 대한 실내시험을 의뢰하여 기존 설비(해외 도입)에서 생산한 혼합물과, 가열 아스팔트 혼합물(HMA)을 각각 다른 혼합·다짐온도의 조건을 부여하여 다음과 같은 주요 평가지표를 통하여 물성을 검증하였다.

<표 9> 실내시험 주요 평가지표

시험 항목	평가 지표
균열 저항성	간접인장강도, 터프니스
하중 저항성 및 혼합성능	마찰 안정도
다짐성능	공극율, 흐름값

시험 항목은 <표 9> 와 같이 균열 저항성을 확인하기 위해 간접인장강도 시험과, 터프니스 시험을 적용하였고, 하중 저항성 및 혼합성능 시험 확인을 위하여 마찰안정도 시험을, 다짐 성능을 확인하기 위하여 공극율과 흐름값의 시험을 평가지표로 적용하였다.

<표 10> 시료별 혼합온도 및 다짐온도

구 분		온 도(℃)	
		혼 합	다 짐
가열 신재 아스팔트 혼합물(HMA)		160	145
기존 현장 재생 아스팔트 혼합물(HMA)		150	135
연구개발 현장 생산 아스팔트 혼합물	HQMA-130 (신재, WMA)	130	115
	HQMA-130R (재생, WMA)	130	115

연구개발 현장생산 아스팔트 설비로 생산한 혼합물은 <표 10>과 같이 HQMA-130(신재, WMA)과 HQMA-130R(재생, WMA) 두 종류로 혼합온도 130℃(가열 혼합물 대비 - 30℃ 감소)이고, 다짐온도 115℃(가열 혼합물 대비 - 30℃ 감소)로 중저온의 조건에서 시험을 진행 하였고, 일반 가열 신재 아스팔트 혼합물과, 기존 현장 재생 아스팔트 생산 혼합물을 대조 시험군으로 검증하였다.

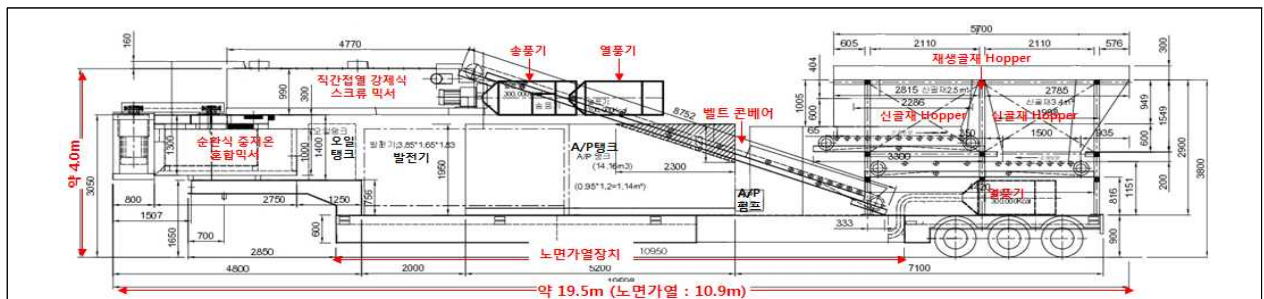
2. 연구수행 성과

가. 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)

(1) 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)



<그림 11> 연구 개발 현장 재생 아스콘 생산설비[FR-APS(Field Recycle Ascon Product System)]



<그림 12> 연구 개발 설비(자체제작) 구조 도면

첫 번째 연구 수행 성과로 <그림 11> 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)의 전체적인 사진으로 한 대의 트레일러에 노면가열 장치에서부터 최종 혼합물을 생산하는 순환식 중저온 혼합믹서 까지 구비되어 있으며 총 길이 19m로 이루어져 있고, 설비에 대한 전체 도면은<그림 12>에서 확인 할 수 있다.

(2) 생산 공정 개선(공정 감소율 : 약 30% 절감)

두 번째 연구 수행성으로 기존 설비(해외 도입) 대비 생산 공정율을 약 30% 절감 시켰다.

<표 11>은 기존 설비(해외 도입)와 개발 설비(자체제작)의 생산 공정을 비교한 것으로 노면 가열 부분에서 기존설비는 3차에 걸쳐 3대(51m)의 설비에 의해 노면을 가열하지만, 개발 설비는 1대의 순환식 노면가열 장치에 의해 노면이 가열되어 공정이 절감된 것을 확인할 수 있으며, 기존 설비는 총 9번의 생산 공정을 통하여 최종 혼합물이 생산되지만, 개발 설비는 총 6번의 생산 공정을 통하여 최종 혼합물을 생산할 수 있어 생산 공정을 개선시켰다.

<표 11> 기존 설비(해외도입)와 개발 설비(자체제작)의 생산 공정 비교

구 분	기존 설비	연구 개발 설비
노면가열	①1차 노면가열 (예열기) ②2차 노면가열 (A-unit) ③3차 노면가열 (B-unit)	①1차 노면가열 (노면 가열장치)
절삭	④1차 절삭 (A-unit) ⑤2차 절삭 (B-unit)	②1차 절삭
재료투입	⑥신재 아스콘, 재생 첨가제	③재생골재, 신골재, AP, 재생첨가제
혼합	⑦1차 혼합(퍼그밀 믹서) ⑧2차 혼합(2축식 믹서)	④1차 혼합(직간접열 강제식 스크류믹서) ⑤2차 혼합(열순환식 간접열 혼합믹서)
포설 및 다짐	⑨휘니샤, 머캐덤, 타이어, 탠덤	⑥휘니샤, 머캐덤, 타이어, 탠덤

(3) 제품 생산 비용 절감(비용 감소율 : 약 30% 절감)

- 생산 공정의 간소화(공정 감소율 : 약 30%)로 및 폐아스콘 발생 시 현장에서 100% 재사용
- 현장재생 아스콘 플랜트 장비 운반비 절감(기존 3unit/1set, 개발 1unit/1set)
- 폐아스콘 재료 운반비, 연료, 전력 사용량 절감

(4) 개발 설비 특허출원

네 번째 연구 수행성으로 개발 설비의 특허를 2016년 1월 6일자로 총 2건을 출원하였고, 출원 내용은 아래 <표 12>와 같다.

<표 12> 개발 설비 특허출원 현황

구분	출원번호	제 목	출원일자
1	2016-0001760	이동식 현장 아스콘 제조시스템 및 그 제조방법, 이러한 방법으로 제조된 이동식 현장 아스콘 및 이동식 현장 아스콘을 이용한 도로포장방법	2016.01.06
2	2016-0001744	현장 아스콘 재생시스템 및 그 제조방법, 이로부터 제조된 재생아스팔트 혼합물 그리고 현장재생 아스콘을 이용한 도로 포장방법	2016.01.06

나. 개발 중·저온 아스팔트 첨가제 개발 성과

(1) 개발제품의 품질성능 검증

개발 중·저온 재생 아스팔트 첨가제를 사용한 중온 재생아스팔트 혼합물은 기존 가열 재생 아스팔트 혼합물에 비하여 30~50℃ 낮은 온도에서 가열 생산됨으로, 아스팔트의 조기노화를 예방할 수 있고, 중·저온(100~130℃)에서도 기존 재생 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 품질 성능이 우수함을 검증하였으며, 아래 시험결과표는, 중·저온 아스팔트 첨가제를 개발된 현장 재생 아스팔트 생산설비(FR-APS)에 적용하여 생산된 중·저온 아스팔트 혼합물(신재, 재생)과 기존 정치식 플랜트 및 기존 현장 생산설비에 의해 생산한 아스팔트 혼합물(HMA)을 비교 시험한 결과로서, 중·저온에서도 우수한 품질성능을 확인하였다.

<표 13> 품질성능 확인 시험결과 집계표

구 분		혼합온도	시험 결과					
		다짐온도	마샬 안정도	흐름값	공극율	포화도	간접 인장강도	터프니스
단 위		℃	N	1/100cm	%	%	N/mm ²	N·mm
기존 가열 아스팔트 혼합물 (HMA)		160	8,570	33	4	76	0.9	9,991
		145						
기존 현장 재생 아스팔트 혼합물 (HMA)		150	9,714	32	4	76	1.1	10,346
		135						
개발 현장생산 아스팔트 혼합물	HQMA-130 (신재,WMA)	130	9,221	32	4	75	1.0	10,213
		115						
	HQMA-130R (재생,WMA)	130	10,191	31	4	76	1.1	10,536
		115						
품질기준 (SPS-KAI0002-F2349-20141231)			5,000 이상	20~40	3~6	65~80	0.8 이상	8,000 이상

[시험기관 : 한국화학융합시험연구원(KTR)]

(가) 혼합물 생산 및 시료 채취

① 가열 아스팔트 혼합물 생산(정치식 아스콘 생산 설비)

정치식 아스콘 생산설비로 가열아스팔트 혼합물 1종류를 생산하였고 (혼합온도:160℃/다짐온도:145℃), 한국화학융합시험연구원(KTR)에 성능시험의뢰 진행 하였다.



<그림 13> 정치식 아스콘 생산 설비



<그림 14> 시료채취(가열 아스팔트 혼합물)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재울로 68 (가좌동) TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-014040 접수 일자 : 2016년 06월 21일
 대표자 : 활익현 시험완료일자 : 2016년 06월 28일
 업체명 : (주)시티오브테크
 주소 : 경기도 안성시 죽산면 길미로 145-36

시료명 : 가열 아스팔트 혼합물(신재, HMA)

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
다짐회수	회	-	50	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
마찰안정도	N	-	8.570	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
호흡값	1/100cm	-	33	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
공극율	%	-	4	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
포화도	%	-	76	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
간헐안장강도	N/m²	-	0.9	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
터프니스	N/mm	-	9.991	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015

*의뢰자 제시
 - 생산 : 고형시 플랜트
 - 혼합온도 : 160℃
 - 다짐온도 : 145℃

*용도 : 품질관리용

비고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
 2. 이 성적서는 종로, 선인, 광고 및 소송을 목적으로 사용될 수 있으며 용도 이외의 사용을 금합니다.
 3. 이 성적서는 원본(등본 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Shin Kyoungyub
 작성자 : 신경엽
 E-mail: kysn@ktr.or.kr

Kang Yeong-gwan
 기술책임자 : 강영관
 Tel : 1577-0091(AFS ①-4)

2016년 06월 28일

KTR 한국화학융합시험연구원

위변조 확인용 QR code

Page : 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T09-F01-02(07)

AK210 X 297

<그림 15> 가열 아스팔트 혼합물(HMA)

② 기존 현장 재생 아스팔트 혼합물 생산(수입설비)

기존 현장 재생 아스팔트 생산설비에 자사의 현장 재생 아스팔트 첨가재(품명 : SMRA-SRM)를 혼합한 후 가열아스팔트 혼합물 1종류를 생산하였고 (혼합온도:150℃/다짐온도:135℃), 한국화학융합시험연구원(KTR)에 성능시험의뢰 진행 하였다.



<그림 16> 기존 현장재생 생산설비(수입)



<그림 17> 시료채취(가열 아스팔트 혼합물)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가좌동로 68 (가좌동) TEL (032)579-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-014041 접수 일자 : 2016년 06월 21일
대 표 자 : 활익현 시험원료일자 : 2016년 06월 28일
업 체 명 : (주)시티오브테크
주 소 : 경기도 안성시 죽산면 결미로 145-36

시 료 명 : 기존 현장재생 혼합물(재생80%)

시험항목	단위	시험구분	결과치	시험방법
다짐회수	회	-	50	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
마찰안정도	N	-	9.714	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
호흡강	1/100cm	-	32	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
공극율	%	-	4	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
포화도	%	-	76	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
간접인장강도	N/mm²	-	1.1	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015
터프니스	N · mm	-	10.346	SPS-KA10002-F2349-5687 : 2015

*의뢰자 제시
- 생산 : 기존 현장재생설비(SMRA-SRM) 재생 첨가제 투입
- 혼합온도 : 150℃
- 다짐온도 : 135℃

*참 조 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과로써 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 용보, 선전, 광고 및 소송을 목적으로 사용될 수 있으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(용보 포함)만 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고를 합니다.

Shin Kyoungyub
작성자 : 신영엽
E-mail : kyoung@ktr.or.kr

Rang Young-gwan
기술책임자 : 강영관
Tel : 1577-1091(AFS ①-4)

2016년 06월 28일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T09-F01-02(07)

A4(210 X 297)

<그림 18> 기존현장재생 혼합물(HMA)

③ 연구개발 설비에 의한 혼합물 생산

연구개발 설비(FR-APS)에 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)를 적용하여 HQMA-130 (신재 중·저온 아스팔트 혼합물) HQMA-130R (재생 중·저온 아스팔트 혼합물, 재생 80%) 2종류를 생산하였고 (혼합온도:130℃/다짐온도:115℃), 한국화학융합시험연구원(KTR)에 성능시험의뢰 진행 하였다.



<그림 19> 연구개발 설비 혼합물 생산(1)



<그림 20> 시료채취(HQMA-130, 130R)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

KTR TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재동로 68 (가좌동) TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-014038 접수 일자 : 2016년 06월 21일
대 표 자 : 황지현 시험완료일자 : 2016년 06월 28일
업 체 명 : (주)시티오브테크
주 소 : 경기도 안성시 죽산면 결미로 145-36
시 료 명 : HQMA-130(신재, WMA)

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
다짐횟수	회	-	50	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
마찰안정도	N	-	9.221	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
흐름값	1/100cm	-	32	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
공극률	%	-	4	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
포화도	%	-	75	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
간접인장강도	N/mm²	-	1.0	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
터프니스	N · mm	-	10.213	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015

*의뢰자 제시
- 생산 : FR-APS(HQMA-130 첨가제 투입)
- 혼합온도 : 130℃
- 다짐온도 : 115℃

*용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로서 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 종보, 잔진, 광고 및 소용량 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(종보 포함)의 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Shin Kyoungyub 작성자 : 신경엽 E-mail : kys@ktr.or.kr
Kang Jeong-gwan 기술책임자 : 강정관 Tel : 1577-0381(ARS ①-8)

2016년 06월 28일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T09-F01-02(07) A4(210 X 297)

<그림 21> HQMA-130 성적서(신재,WMA)

BEYOND ASIAN HUB, TOWARD GLOBAL WORLD

KTR TEST REPORT

우 22829 인천광역시 서구 가재동로 68 (가좌동) TEL (032)5709-700 FAX (032)575-5613

성적서번호 : TAS-014039 접수 일자 : 2016년 06월 21일
대 표 자 : 황지현 시험완료일자 : 2016년 06월 28일
업 체 명 : (주)시티오브테크
주 소 : 경기도 안성시 죽산면 결미로 145-36
시 료 명 : HQMA-130R(재생80%, WMA)

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
다짐횟수	회	-	50	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
마찰안정도	N	-	10.191	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
흐름값	1/100cm	-	31	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
공극률	%	-	4	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
포화도	%	-	76	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
간접인장강도	N/mm²	-	1.1	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015
터프니스	N · mm	-	10.536	SPS-KA0002-F2349-5687 : 2015

*의뢰자 제시
- 생산 : FR-APS(HQMA-130R 첨가제 투입)
- 혼합온도 : 130℃
- 다짐온도 : 115℃

*용 도 : 품질관리용

비 고 : 1. 이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명으로서 시험한 결과로서 전체 제품에 대한 품질을 보증하지 않으며, 성적서의 진위확인용 홈페이지(www.ktr.or.kr) 또는 QR code로 확인 가능합니다.
2. 이 성적서는 종보, 잔진, 광고 및 소용량 등으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금합니다.
3. 이 성적서는 원본(종보 포함)의 유효하며, 사본 및 전자 인쇄본/파일본은 결과치 참고용입니다.

Shin Kyoungyub 작성자 : 신경엽 E-mail : kys@ktr.or.kr
Kang Jeong-gwan 기술책임자 : 강정관 Tel : 1577-0381(ARS ①-8)

2016년 06월 28일

KTR 한국화학융합시험연구원

Page : 1 of 1

KTR KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE KTR-QP-T09-F01-02(07) A4(210 X 297)

<그림 22> HQMA-130R 성적서(재생,WMA)

(나) 시험항목별 시험 설비

	
<그림 23> 하중 저항성 확인 시험기	<그림 24> 균열 저항성 확인 시험기
	
<그림 25> 혼합성능 확인 시험기	<그림 26> 다짐성능 확인 시험기

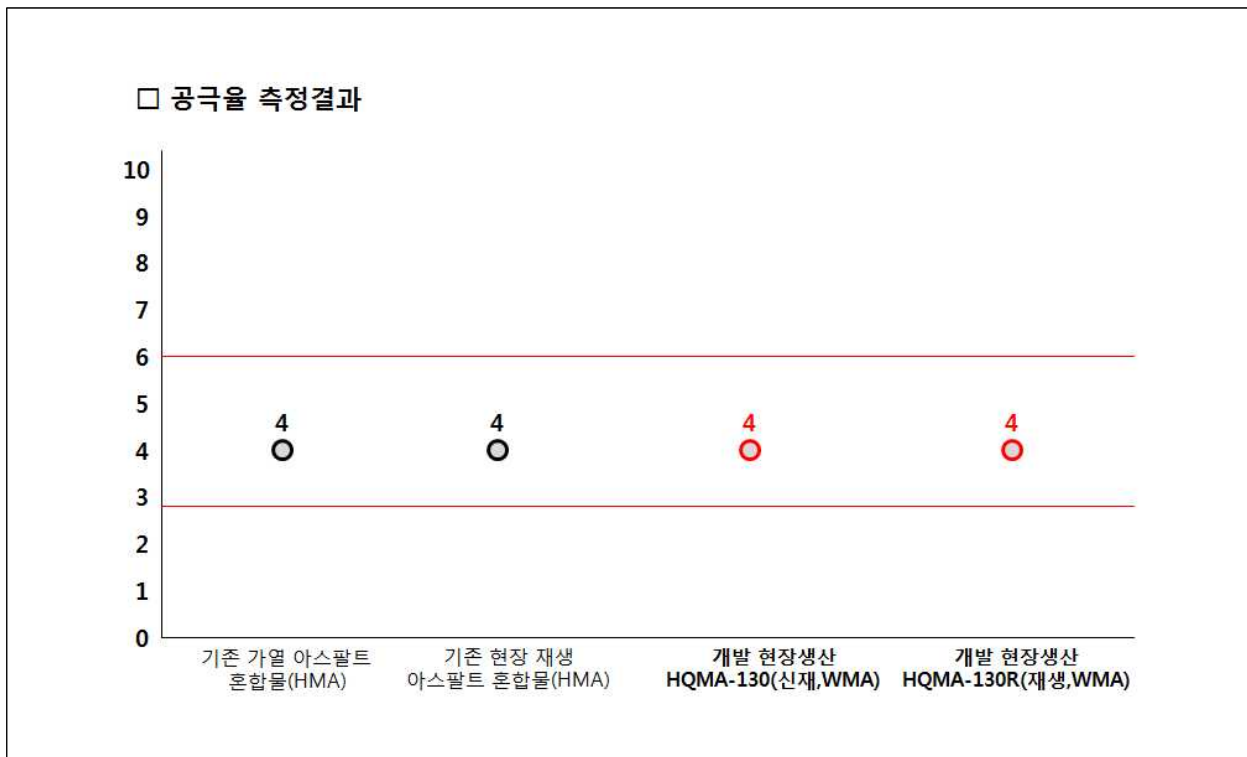
<그림 23>은 마샬안정도 확인 시험기로 마샬 안정도 시험은 아스팔트 혼합물의 경험적인 물성을 측정하는 것으로 본 연구에서는 KS F 2337의 기준에 따라 시험을 시행하였다. 마샬 안정도 시험의 목적은 표준 시험실 다짐도로 다져진 아스팔트 혼합물의 강도를 측정하기 위한 것이다. 또 한 마샬 안정도 시험은 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트함

량을 결정하기 위한 마샬 배합설계의 일부 물성 항목으로 사용되며 아스팔트 혼합물의 품질 관리에도 적용한다. 시험의 개략적인 방법은 2개의 반원형 재하 헤드를 통하여 지름 101.6mm인 원통형 공시체에 분당 50.8mm의 변형 비율로 압축 하중을 공시체가 파괴될 때까지 가하면서 이루어지며, 이를 통해 마샬 안정도와 흐름치를 측정한다. 시험 과정에서 공시체의 온도는 60℃를 유지하는 이유는 여름철 포장체의 대략적인 최고 포장 온도를 나타내는 것으로 아스팔트 혼합물에 대한 가장 열악한 온도조건을 모사하기 위함이다. 시험에서 측정된 물성 중에서 마샬 안정도는 공시체가 파괴될 때까지 가해진 하중으로 공시체가 견딜 수 있는 최대하중을 나타낸다. 또한, 흐름치는 최대하중에 이를 때까지 공시체의 총 수직 변위를 의미하는 것으로, 하중이 가해지는 시작점부터 시료가 파괴될 때까지의 총 수직 변위를 나타낸다.

(다) 시험결과 분석

① 중·저온에서의 다짐도

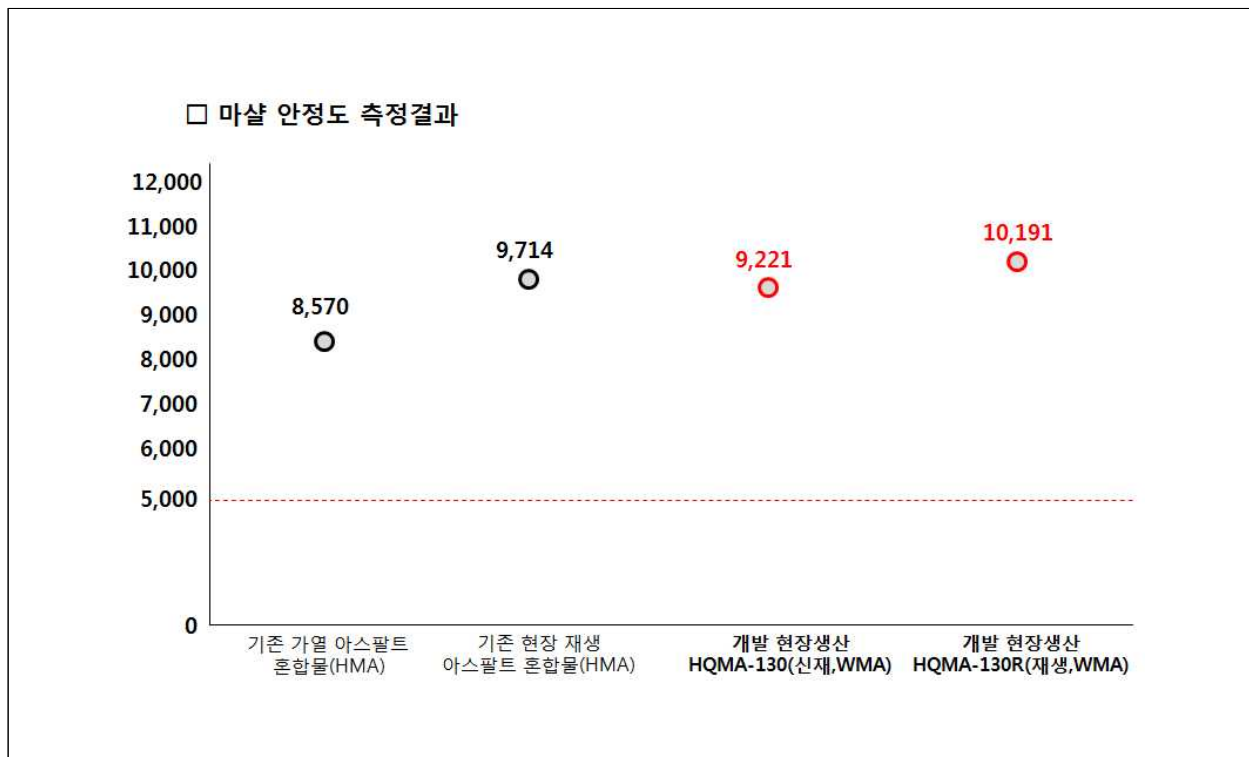
개발 중·저온 재생 아스팔트 첨가재를 사용한 중온 재생아스팔트 혼합물과 정치식 아스콘 생산설비를 이용한 기존 가열 재생 아스팔트 혼합물, 기존 재생 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 아스팔트 혼합물의 작업성과 다짐도를 측정하기 위하여 각 혼합물 종류별 시행 다짐도 시험을 시행하였으며, 기존의 고온 가열 아스팔트 혼합물(HMA)에 비하여 약 -30°C , 기존 현장재생(재생80%) 혼합물에 비하여 약 -20°C 낮은 중·저온에서 시험한 종류 [HQMA-130(신재, WMA), HQMA-130R(재생80%, WMA)]의 아스팔트 혼합물의 목표 공극률을 만족함을 알 수 있었다.



<그림 27> 다짐도 측정결과-공극율(%) (*적색 실선은 품질기준 범위를 나타냄)

② 마샬 안정도 시험에 의한 안정성 및 하중 저항성

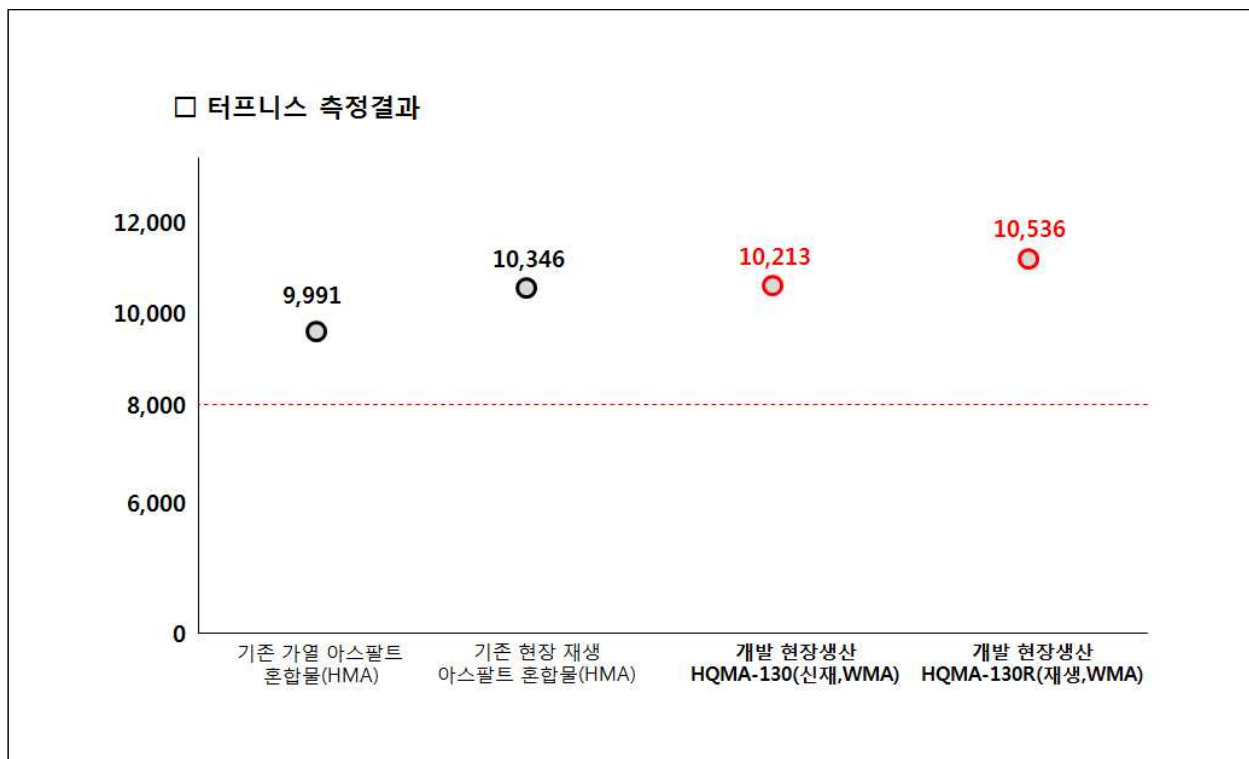
마샬 안정도는 시험은 경험적인 시험 방법으로 아스팔트 혼합물의 흐름에 대한 저항성을 측정하는 시험이다. 마샬 안정도는 아스팔트 혼합물 단체표준 및 국토교통부 기준치(저탄소 중온 아스팔트 혼합물) 낮은 중·저온에서 시험한 종류[HQMA-130(신재, WMA), HQMA-130R(재생80%, WMA)]의 아스팔트 혼합물의 목표 모두를 만족하는 것으로 나타났다. 흐름 값, 공극률 및 포화도에서도 품질기준치를 모두 만족하는 것으로 나타났다.



<그림 28> 마샬안정도 측정결과 (*적색 점선은 품질기준 하한을 나타냄)

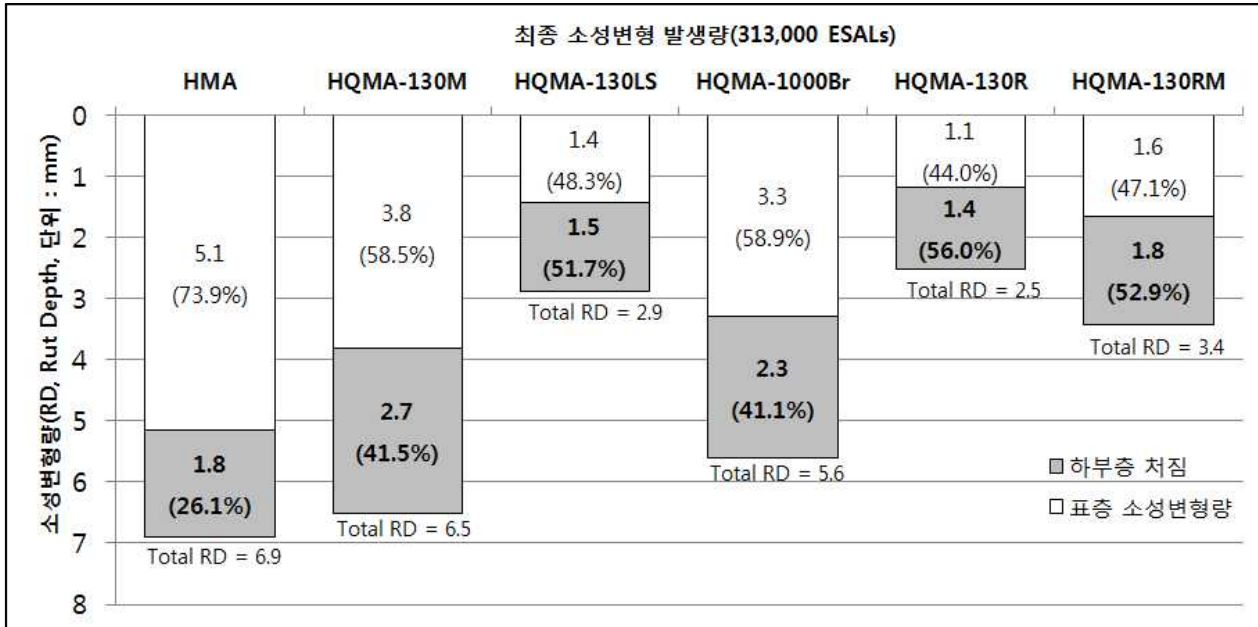
③ 터프니스 시험에 의한 균열 저항성

터프니스는 변형에 대한 저항성, 즉 변형에너지를 흡수 할 수 있는 정도를 나타내는 척도로서 혼합물의 균열 저항성을 평가하는 대표적인 측정값이다. 본 시험에서는 저온 휨 시험을 통하여 얻은 하중과 변위의 곡선으로부터 터프니스 값을 계산하였다. 하중과 변위 곡선에서 극한하중과 파괴 시 변위량을 적분한 면적이 터프니스가 된다. 터프니스값이 클수록 균열에 대한 저항성이 우수하다고 할 수 있다. 낮은 중·저온에서 시험한 종류[HQMA-130(신재, WMA), HQMA-130R(재생80%, WMA)]의 아스팔트 혼합물의 터프니스값이 기준을 만족하여 균열에 대한 저항성 또한 우수한 것으로 판단된다.



<그림 29> 터프니스 측정결과 (*적색 점선은 품질기준 하한을 나타냄)

(2) 중·저온 아스팔트 첨가제의 공용성 검증(포장가속시험 APT)



<그림 30.1> 재료별 평균 소성변형 발생량 비교 그래프

[참고 : 한양대학교 공동연구보고서(다용도형 아스팔트 중온화 첨가제 개발)]

6종의 아스팔트 혼합물에 대하여 누적 하중 313,000 ESALs 하중재하 후 Rut Depth,

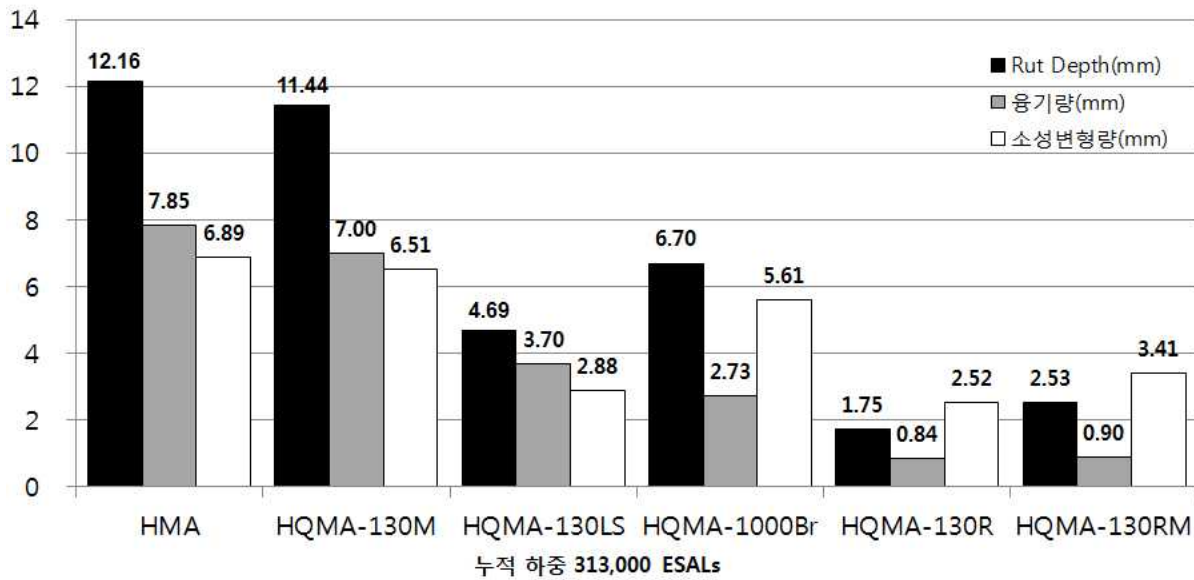
융기량, 소성변형량 측정 결과는 <그림 30>과 같다. Rut Depth 크기는 순으로 발생하였으

며, 융기량은 일반 가열 아스콘(HMA) > 중·저온 개질 아스콘(HQMA-130M) > 중·저온

저소음 아스콘(HQMA-130LS) > 중·저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) > 중·저온 재생

개질 아스콘(HQMA-130RM) ≒ 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 순으로 발생하

였다. 또한 소성변형량은 일반 가열 아스콘(HMA) > 중·저온 개질 아스콘(HQMA-130M)
> 중·저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) > 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM)
> 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) > 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 순
으로 발생하였다. 모든 경우에서 일반 가열 아스콘(HMA)이 가장 큰 변형을 보였으며, 중·
저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R)이 가장 적은 변형을 보여 일반 가열 아스콘(HMA)
의 소성변형 저항성이 가장 낮으며, 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R)이 가장 높은
소성변형 저항성을 보이는 것으로 판단된다. 또한 개발된 중온화 첨가제를 혼합한 아스팔트
혼합물 5종은 일반 가열 아스콘(HMA)보다 적은 변형을 보였다.



<그림 30.2> 재료별 소성변형 및 용기량 비교(313,000ESALs)

[참고 : 한양대학교 공동연구보고서(다용도형 아스팔트 중온화 첨가제 개발)]

분석결과 재료별 평균 소성변형 발생량은 313,000 ESALs의 하중재하 후 일반 가열 아스콘(HMA) 6.89mm, 중·저온 개질 아스콘(HQMA-130M) 6.51mm, 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) 2.88mm, 중·저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) 5.61mm, 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 2.52mm, 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) 3.41mm로 나타났다. 또한 재료별 소성변형 발생량을 표층과 하부층으로 구분하여 분석한 결과 표층만의 소성변형은 일반 가열 아스콘(HMA) 73.9%, 중·저온 개질 아스콘(HQMA-130M) 58.5%, 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS) 48.3%, 중·저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br) 58.9%, 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R) 44.0%, 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM) 47.1%의 비율로 발생한 것으로 분석되었다.

본 실험에 사용된 5가지 중·저온 개질 아스팔트 모두 일반 가열 아스팔트에 비해 소성변형 저항성 측면에서 우수한 결과를 보였다. 특히 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R), 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS), 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM)은 표층 혼합물의 변형을 비교할 때 일반 가열 아스팔트 혼합물 보다 월등히 적은 20~30%의 변형을 보였다.

가장 소성변형 저항성이 좋은 혼합물은 중·저온 재생 표준 아스콘(HQMA-130R)이었으며, 중·저온 저소음 아스콘(HQMA-130LS), 중·저온 재생 개질 아스콘(HQMA-130RM), 중·저온 고강도 아스콘(HQMA-1000Br), 중·저온 개질 아스콘(HQMA-130RM) 순이었다.

(3) 생산 연료비 절감 및 탄소 배출량 저감

개발 중·저온 아스팔트 첨가제를 사용하여 생산한 저탄소 중·저온 아스팔트 혼합물은 현행 가열 아스팔트 혼합물의 품질을 유지하면서, 아스팔트 제조 과정에서의 가열 온도를 약 30℃ 이상 낮춘 130~140℃ 온도 범위에서 생산할 수 있도록 하여 현행 가열 아스팔트 혼합물 생산 과정에서 골재 가열을 위해 사용되는 약 2억2천만 ℓ 벙커-C유의 약 35%인 7,700만 ℓ를 절감시킬 수 있다.

현행 가열 아스팔트 혼합물은 제조 과정에서 약 66만톤의 이산화탄소를 발생시키는데 비해, 저탄소 아스팔트 혼합물은 이산화탄소 배출량을 약 23만톤 저감(탄소배출권 44억원)시킬 수 있으며, 이는 소나무 6,600만 그루의 식목 효과에 해당된다. 또한 공사시간 단축도 가능하여 포장도 유지보수 공사에 따른 차량 지·정체 시간도 약 25% 줄일 수 있으며, 이로 인해 얻어지는 사회 경제적 비용 절감 효과는 일반국도 기준으로 연간 약 35억원으로 추산된다.

[참고 : 국토교통부 보도자료(간선도로과, 2012.2.14.화) 온실가스 저감으로 쾌적한 도로환경 조성]

<표 14>는 일반 가열 아스팔트 혼합물과 중온 아스팔트 혼합물 1ton 생산 시 소모하는 연료량과 발생하는 유해가스 발생량을 나타낸 비교표이다. 가열 아스팔트 포장 대비 중온 아스팔트 포장시 발생하는 연료 감소량은 약 2.7L/ton 으로 35.0%의 절감비율을 확인 할 수 있으며, 가열 대비 중온 아스팔트 혼합물 생산시 발생하는 먼지 및 유해가스 발생량이 대폭 감소됨을 확인 할 수 있다.

<표 14> 아스팔트 혼합물 1ton 생산 시 연료 및 배출 유해가스 발생량 비교

구 분	연료 (L/ton)	먼지 및 유해가스			
		이산화탄소 (%)	질소산화물 NOx(ppm)	황산화물 SOx(ppm)	일산화탄소 (ppm)
가열 아스팔트 포장	7.7	6.3	38	8	1,300
중온 아스팔트 포장	5.0	4.2	34	7	1,200
절감비율	35.0%	33.3%	10.5%	12.5%	7.7%

[참고 : 국토교통부 보도자료(간선도로과, 2012.2.14.화) 온실가스 저감으로 쾌적한 도로환경 조성]

(4) 개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 인증 현황

개발 중·저온 아스팔트 첨가제의 인증현황은 <표 15>와 같으며 인증현황은 총 3건으로 조달청 우수제품, 중소기업청 성능인증, 한국환경산업기술원 환경표지인증을 획득하였다.

<표 15> 인증 현황

구분	인증현황	품명	인증번호	발행처
1	우수제품	HQMA 아스팔트 개질제 (저탄소, 중저온 첨가제)	2015045	조달청
2	성능인증	복합형 중온화 아스팔트 첨가제(HQMA)	15-1202	중소기업청
3	환경표지인증	중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)	12723	한국환경산업 기술원

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

<표 16> 연구 개발 목표 달성표

기 간	연구개발 목표	목표치	검증방법	달성도 (%)
1차년도 (2015.04 ~ 2016.04)	* 설비설계	도면완성	설계도면	100
	* 직간접열 강제식 스크류믹서개발 * 순환식 중저온 혼합믹서 개발 * HOPPER(신재,재생)	설비완성	설비확인	100
	* 순환식 노면가열장치 개발 * 트레일러 구동장치 개발 * 제품이송 컨베이어 개발	설비완성	특허출원	100
	* 설비 조립	설비완성	설비가동 확인	100
	* 완성설비로 생산한 제품성능확인 (개발 중·저온 아스팔트 첨가제)	설비시험생산	동영상	100
		첨가제 및 아스콘	공인기관성적서	100

2. 관련 분야 기여도

가. 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS)

폐아 스콘 발생재의 재활용은 자원의 절약뿐만 아니라, 탄소 발생량의 저감효과 등으로 전세계적으로 관심이 높은 기술분야로서, 국내에서는 주로 정치식 재생 아스콘 플랜트를 이용하여 재생혼합물을 생산하여 현장에 재시공하는 공법을 사용하고 있음

개발된 현장 재생 아스콘 플랜트는, 기존의 정치식 플랜트 재생 및 기존의 현장 재생 공법의 문제점을 개선함은 물론, 효율성을 획기적으로 높인 것으로서, 콤팩트한 설비 구성으로 소규모 공사에도 사용 가능하며, 설비규모 대비(기존설비 51m, 개발설비 19m)생산 효율은 기존설비의 100% 이상이고, 생산공정은 30% 줄었으며, 설비가격 또한 기존설비 대비의 약 30% 수준으로서, 기술적 파급효과는 매우 높을 것으로 기대됨

또한 기존 현장재생 플랜트의 문제점인, 고온 가열에 의한 아스팔트의 노화 및 신재 아스팔트와 재생재의 불균일한 혼합성 등의 문제점을 개선함으로서, 재생 아스콘의 시공품질을 향상할 수 있도록 한 것은 기술적으로 획기적인 사항임

나. 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA)

중·저온 첨가제로서의 기능과 재생 첨가제의 복합적 기능을 발휘하며, 또한 중·저온(100~130℃)의 낮은 온도에서도 충분한 유동성을 갖고 있기 때문에 운반, 포설, 다짐이 용이하며, 특히 동절기 공사, 장거리 운반 시 일반 아스팔트 혼합물에 비하여 우수한 작업성을 갖고 있기에 하자 발생률이 줄어들

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 연구 개발성과 시장 규모

연구 개발성과의 시장규모는 <표 17>에 기재 되어있으며, 연간 아스콘 생산량은 약 3,500만Ton(단가 : 63,000원/Ton)이고 연간 약 2,200,000(백만원)의 규모를 갖고 있으며, 정부의 환경 보호 방침과 제한된 자원의 재활용을 위한 재생 아스팔트 콘크리트 사용의 의무화 및 법령고시를 통해 수요가 확대되고 있으며(2016년 기준 재생사용율 30%이상), 국토교통부의 온실 가스 목표관리제도 도입과 관련하여 ‘2015년 아스팔트 혼합물 생산 및 시공지침’ 중은 아스팔트 혼합물에 관한 사항이 반영됨에 따라 각 지자체 및 도로 공사 등에서 중온화 도로 포장의 활성화가 될 것을 예상됨.

<표 17> 연구 개발성과의 시장규모

(단위 : 백만원)

연도 ITEM	2016	2017	2018	2019	2020	비고
현장 재생 아스팔트 생산설비 (FR-APS)	2,200,000	2,200,000	2,200,000	2,200,000	2,200,000	연간 3,500만톤 기준
아스팔트 첨가제 (HQMA)	80,000	120,000	200,000	280,000	300,000	자체 단가 기준
계	2,280,000	2,320,000	2,400,000	2,480,000	2,500,000	-

2. 연구 개발성과의 추정 매출 계획

연구 개발성과의 추정 매출계획은 <표 18>과 같으며, FR-APS 생산 설비는 대당 1,000(백만원)으로 설비 1대당 제작 기간은 90일이며, 동시 제작할 수 있는 설비의 대수는 약 3대로 2017년 이후 공장 확장이 필요할 것으로 예상된다.

<표 18> 연구 개발성과의 추정 매출계획

(단위 : 백만원)

품 목 명 (상품 및 서비스)			2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
			판 매 액		판 매 액		판 매 액		판 매 액		판 매 액	
			내 수	수 출	내 수	수 출	내 수	수 출	내 수	수 출	내 수	수 출
현장 재생 아스 팔트 생산 설비 (FR-APS)	설 비	대수	-	-	3	-	8	2	15	10	25	20
		금액	-	-	3,000	-	8,000	2,000	15,000	10,000	25,000	20,000
	생산, 시설 (자체)		1,000	-	3,000	-	5,000	-	10,000	-	28,000	-
아스 팔트 개질제 (HQ MA)	첨가제		4,000	-	6,000	-	10,000	1,000	15,000	5,000	20,000	10,000
	소 계		-	-	9,000	-	15,000	1,000	25,000	5,000	48,000	10,000
합 계			5,000	-	12,000	-	23,000	3,000	40,000	15,000	73,000	30,000
총 계	설비 매출		-		3,000		10,000		25,000		45,000	
	총 매출		5,000		12,000		26,000		55,000		103,000	

3. 연구 개발성과의 활용계획

가. 개발 현장 재생 아스콘 생산설비(FR-APS) 활용 계획

<표 19> 개발 현장 재생 아스콘 생산설비 활용계획

구 분		활용 방안
국 내	수도권	* 자사에서 직접 수도권 내 공사현장에 운영할 예정(자체)
	지 방	* 해당 지역업체에 연구개발 설비를 추가적으로 양산하여 중·저온 재생첨가재 함께 판매 할 계획
국 외		* 정치식(고정식) 아스콘 생산설비만 보유하고 있어 운반거리가 장거리인 현장에 연구개발 설비 양산하여 설비 및 재생첨가재 수출 계획수립

나. 개발 중·저온 아스팔트 첨가제(HQMA) 활용 계획

<표 20> 개발 중·저온 아스팔트 첨가제 활용계획

구 분		활용 방안
국 내		* 중온 아스팔트 혼합물에 대한 수요가 증가하는 추세이므로 시장의 확장성이 높고, 각 지자체 및 도로공사에서도 생산을 장려하는 바, 수요 전망은 매우 밝다고 판단됨
국 외		* 상품화와 동시에 해외수출 예정으로, 말레이시아 해외수출 협의가 진행 중이며 이외 국가에서도 추가적으로 계약 진행

4. 연도별 활용 전략

<표 21> 연도별 활용 전략

연 도	활용 전략
2016	• 기술 인증획득 : 건설신기술 또는 환경신기술 추진 • 현장시험포장 적용 • 현장재생 아스팔트 생산설비 필요지역(도서산간지방) 에 적극적인 제품홍보를 통한 시장 인지도 고취 • 수도권 외 지역 : 설비를 추가적으로 양산하여 판매 개시
2017	• 홍보와 영업을 통한 제품판매 주력 (영업지역을 구분 및 전문적인 지식기반으로 영업활동) • 해외시장 판매경로 조사, 해외 수출 개시
2018	• 설비 성능의 지속적인 개발로 시장 안정화 • 설비의 디자인 및 성능부분 지속 개발 • 해외 영업 및 해외 인증획득 방안 연구
2019	• 국내 및 해외 시장의 정착화

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 미국 : AR-2000 (노면가열시 경유를 사용한 열순환 방식을 설비에 적용
2. 일본 : 순환식 노면가열장치 특허 출원 및 등록
3. 기타 : 소면적의 재생골재를 현장에서 가열하여, 직접 현장에서 절삭하여 시공하는 공법

활용

제7장. 연구개발성과의 보안등급

1. 개발 설비 생산 시스템과 열순환식 믹서에 대한 개발기술은 대외비로 관리하고 있음
 2. 열순환식 믹서구조 및 설비의 중요구조 설비도면(세부설비)는 대외비로 관리하고 있음
-

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
-	-	-	-	-	-	-	-	-

* 연구시설·장비는 한국화학융합시험연구원(KTR)과 설비사용계약을 체결함
(유효기간 : 2016년 2월 24일 ~ 2017년 2월 23일)

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

1. 실험실 안전점검

가. 실험실 일상 점검

- 연구활동 시작 전 각 실험실 책임자가 육안으로 장비 및 시설을 매일 점검.

나. 실험실 정기 점검

- 내용 : 과학기술분야 실험실의 일반안전, 산업위생, 전기안전, 소방안전, 기계안전분야 점검
- 실시 : 매월 각 실험실을 주기적으로 점검

2. 교육 훈련

가. 실험실의 안전을 확보하고 종사자의 건강을 보호하여 실험 및 연구활동에 기여하고, 또한 연구실 안전환경조성에 관한 법률에 의거하여 실험실의 관련자 전원은 환경안전교육을 의무적 시행

나. 교육대상 : 소속연구원 등

3. 교육실시

- 반기별 : 법정 교육시간인 6시간을 집합교육으로 실시.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 출원일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	특허 (출원)	이동식 현장 아스콘 제조시스템 및 그 제조방법, 이러한 방법으로 제조된 이동식 현장 아스콘 및 이동식 현장 아스콘을 이용한 도로포장방법	(주)시 티오브 테크	-	한국	상	2016.01.06	-	-
2	특허 (출원)	현장 아스콘 재생시스템 및 그 제조방법, 이로부터 제조된 재생아스팔트 혼합물 그리고 현장재생 아스콘을 이용한 도로 포장방법	(주)시 티오브 테크	-	한국	상	2016.01.06	-	-

제11장. 기타 사항

-

제12장. 참고 문헌

1. 국토교통부 보도자료“온실가스 저감으로 쾌적한 도로 환경 조성”(2012.2.14. / 간선도로과)
2. 산학협력 기술개발사업 최종보고서 “다용도형 아스팔트 중온화 첨가제 개발”

(주관 : 한양대학교, 참여 : (주)시티오브테크 / 과제번호 C0233773)

주 의

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