

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

이 보고서를 “포장의 예방적 유지관리를 위한 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발에 관한 연구”과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2011. 02. 12

주관연구기관명 : (주)토탈페이브시스템
주관연구책임자 : 김 지 원
연구원 : 이 동 현
“ : 배 성 호
“ : 김 희 성
“ : 민 지 선

보고서 요약서

과제고유번호	09TRPI-C05 2221-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2010.08.13 ~ 2011.02.12	단 계 구 분	2단계/2단계
연 구 사 업 명	중 사 업 명				
	세부사업명	건설교통 RnD 정책인프라사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	포장의 예방적 유지관리를 위한 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발			
	세부과제명				
연 구 책 임 자	김지원	해당단계 참 여 연구원수	총 : 5명 내부 : 4명 외부 : 1명	해당단계 연 구 비	정부: 75,000천원 기업: 50,000천원 계: 125,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 6명 내부 : 5명 외부 : 1명	총연구비	정부:150,000천원 기업:100,000천원 계:250,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	(주)토탈페이브시스템		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	
● 포그셀/샌드셀 시공장비 개발 - 시공장비의 기본 설계 : 장비의 전체 구성 및 역할 설정 - 재료 저장 및 장비 운영방법 결정 : 적재식 및 기존 차량에 탑재 형식 결정 - 각 항목별 장비재료 구입 및 가공 실시 - 높은 점도의 개질 유화 아스팔트 살포용 노즐 결정 - 재료(개질 유화 아스팔트 및 규사)의 저장 및 이송방법 결정 - 각 부문별 장비 조립 및 제작 완료 ● 시험시공 및 사업화 방안 마련 - 아파트 단지 내 포장 및 아스팔트 주차장 적용성 검토 - 시험시공을 통한 적용성 검증 - 신규 시장 개척 활로 모색					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	포그셀, 샌드셀, 개질 유화 아스팔트, 규사, 살포장비			
	영 어	Fogseal, Sandseal, Modified Bitumen Emulsion, Quartz Sand, Spraying Equipment			

요 약 문

I. 제 목

포장의 예방적 유지관리를 위한 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라 도로의 연장은 1970년대부터 꾸준히 증가하여 2004년에 10만km를 넘어서 현재 까지 꾸준히 증가하는 추세이다. 이 중에서 콘크리트 포장이 차지하는 비중은 약 4% 내외로 미미한 수준이며 대부분의 도로 포장이 아스팔트로 이루어져 있다. 아스팔트 포장은 원유 정제과정에서 발생하는 부산물을 이용하여 골재와 고온에서 혼합하여 포장용 아스팔트 콘크리트를 생산하는 재료를 이용하여 시공되는 포장공법으로, 차량 하중에 의해 변형이 발생하기 쉽고 골재와 바인더의 물리적인 결합으로 인해 공용년수가 증가할수록 포장 표면의 파손이 빈번하게 발생된다.

일반적으로 포장파손이 발생하면 파손 부위를 절단한 뒤 새로운 보수재료를 이용하여 대체하거나 균열 등과 같은 파손의 경우에는 쉐링(균열틈 채우기)등을 통해 원래의 재료를 최대한 이용하기 위한 보수공법들을 적용하게 된다. 하지만 이러한 공법들은 포장의 파손이 발생한 후에 적용되는 것으로, 이러한 보수방법들을 ‘전통적 유지보수’이라고 한다. 전통적 유지보수는 파손이 발생할 때 까지 아무런 조치를 취하지 않고 있다가 파손이 발생하여야 적용하기 때문에 ‘소극적 보수방법’이라고도 한다. 하지만 최근 미국 및 유럽연합 등에서는 이러한 도로 포장을 적극적으로 관리하기 위해 ‘예방적 유지관리’라는 패러다임을 적용시키고 있다. 예방적 유지관리는 포장의 파손이 발생하기 전에 간단한 표면처리 등을 통해 기존 포장의 수명을 연장시켜 포장파손시기를 연장해주는 방법으로, 전통적 보수방법에 비해 비교적 적은 예산을 투입하면서 포장의 공용년수를 증대시키기 때문에 ‘적극적 보수방법’이라고도 한다.

현재 국내에서 적용중인 예방적 유지관리 공법으로는 콘크리트 및 아스팔트 균열 쉐링 및 다이아몬드 표면 절삭 등이 대부분이다. 아스팔트 포장의 예방적 유지관리 공법들 중에서는 칩셀, 슬러리셀, 박층포장 등이 국내에 소개되어 시험시공 등을 거쳤지만 아직까지 널리 사용되고 있지 않는 실정이다. 이렇게 선행되었던 공법들은 모두 해외에서 적용

중인 재료 및 시공법들을 그대로 국내에 도입하여 적용하였던 것으로 확인되었으며, 그에 따라 국내 실정을 반영하지 못해 널리 보급되지 못한 것으로 판단된다.

그리하여 본 연구진은 아직까지 국내에 소개되지 않은 아스팔트 포장의 예방적 유지관리 공법인 ‘포그셀/샌드셀 공법’을 개발하여 국내에 도입하고자 하였다. 본 공법에 사용하는 재료는 해외에서 사용되고 있는 재료의 특성을 파악하여 국내 연구진의 기술로 만들었으며, 이미 개발이 완료된 상태이다. 이에 본 연구에서는 포그셀/샌드셀 시공을 위한 시공 장비를 개발함으로써, 국내 아스팔트 포장의 예방적 유지관리 정착을 위한 교두보를 확보하고자 한다. 본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

- (1) 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발을 위한 방향 설정
- (2) 세부항목 결정 및 장비 제작
- (3) 시험시공 적용 및 사업화

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구은 아스팔트 포장에 적용하는 예방적 유지관리 공법 중에 포그셀/샌드셀 포장공법의 시공장비를 개발하는 것으로, 1차년도에는 장비의 기본설계 및 세부기술항목 결정, 자재구매 및 가공 등으로 수행되었으며, 2차년도에는 장비의 조립 및 제작, 시험시공, 사업화 단계로 수행되었다.

각 년도별 연구개발 수행내용 및 방법은 다음과 같다.

(1) 1차년도 연구개발 내용

- 장비의 기본설계 및 방향 설정
- 높은 점도의 개질 유화 아스팔트 살포를 위한 노즐 결정
- 규사 살포 방법 결정
- 재료의 저장 및 이송방법 결정
- 장비 세부 항목별 제작

(2) 2차년도 연구개발 내용

- 장비 조립 및 제작
- 개발된 재료의 사업화 방안(홍보용 시험성적서 발급 등) 제시
- 장비 및 재료를 이용한 시험시공 실시 및 장비보완
- 시연회 및 공법 홍보를 통한 사업화

IV. 연구개발결과

본 연구의 최종 결과는 포그셀/샌드셀 시공장비의 개발 및 사업화이다. 전년도에는 시공장비의 전반적인 제작 방향 결정 및 세부 항목에 대한 검토가 이루어졌으며, 재료의 사업화 방안을 위해 인력으로 시험시공을 실시하여 미끄럼저항 등을 자체적으로 실시하였다. 이에 따른 공인 시험성적서를 발급받아 향후 공법의 홍보 및 재료의 특수성을 알리도록 하였다. 당해연도에는 전년도에 이어 장비의 제작 및 조립이 완료되어 시험가동을 실시하였으며 사업화를 위한 세부적인 시장을 선정하여 시험시공 등을 실시하여 사업화 기반을 확보하였다. 또한 관계자 및 관련업체 등을 통해 본 기술의 우수성 및 사업성 등을 적극적으로 홍보하였다.

본 연구의 최종 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 포그셀/샌드셀 시공 장비의 기본 방향 설정 및 제작
- (2) 장비 세부 항목별 제작 및 조립
- (3) 장비 시험 가동 및 테스트
- (4) 시험시공을 통한 사업성 검증
- (5) 공법 특성 및 사업성 홍보

V. 연구개발결과의 활용계획

본 연구의 최종목표는 포그셀/샌드셀 시공 장비를 개발하고 이를 이용하여 아스팔트 포장의 유지관리에 적용하는 것이다. 이를 위해서 본 연구기간 동안 장비 개발 및 재료의 시험시공, 기술의 우수성 및 현장 적용성 검증 등을 거쳐 사업화를 위한 교두보를 마련하였다.

본 연구를 시작하면서 주요 사업화 대상으로 생각했던 분야는 아스팔트 교면포장 및 국도, 지방도의 아스팔트 포장부분이었다. 하지만 본 연구를 진행하면서 도로분야로 직접적으로 진출하는 것보다 아파트 단지 내의 아스팔트 포장부분(주차장 및 이면도로 등)에 우선적으로 적용하는 것이 시장성 확보와 초기 기술적용에 보다 유리하다는 결론을 내리게 되었다. 그리하여 본 연구에서 진행된 시험시공 역시 아파트 단지 내 아스팔트 포장으로 이루어진 주차장에 적용하게 된 것이다.

연구 결과를 토대로 향후 활용 사업화 계획으로 국내 1기 신도시 및 대단지 아파트 관리업체들을 중심으로 지속적인 기술의 홍보와 적용효과 등을 알리고 아파트 단지 내 포장의 관리방법을 제시하여 새로운 시장 개척에 적극적으로 대처할 예정이다. 또한 기존의 아스팔트 주차장 등의 보수공법 등과 연계하여 상호 보완적인 효과를 거둘 수 있도록 지속적으로 개선해 나갈 계획이다.

SUMMARY

I . Title

The Development of Fog Seal/Sand Seal Equipment for Pavement Preservation

II . Research Purposes

The total length of Korean roadway has exceeded 100,000km at 2004 and it has gradually increased since 1970. The most of roadway is paved with asphalt, except around 4% of roadway that is paved with cement concrete. The asphalt pavement is often weak on rutting damage caused by the heavy traffic and the high temperature condition. Therefore, it requires more maintenance as the service life goes on.

In general, the asphalt pavement is repaired with patching and sealing for minor damage and it is repaved for severe damage. Those kind of maintenance are often called “corrective maintenance” because they are done after pavement damage occurred. The corrective maintenance is considered as the passive maintenance strategy because no maintenance is done prior to pavement damage. Recently, America and European countries adapt new paradigm, so called preventive maintenance, to preserve pavement in fair condition. The preventive maintenance means that we do minor maintenance, for example surface treatment and crack sealing, for the prevention of severe pavement damage causes poor condition. In fact, the preventive maintenance prolongs the service life of existing pavement without severe damage that requires corrective maintenance. Therefore the preventive maintenance strategy actually saves maintenance budget and increases the service life of pavement with good and/or fair condition. We often call this strategy as the proactive maintenance.

The crack sealing and the diamond grinding are two major preventive maintenance methods used in Korea. Other methods including the chip seal, slurry seal, and

micro-surfacing are introduced but not widely applied yet. Those methods were not successfully launched in Korean pavement maintenance market, however they are widely used in America and Europe. It is because they are not well suited to the Korean roadway environment.

We like to introduce the fog/sand seal as the new preventive maintenance method for asphalt pavement. The asphalt emulsion for fog/sand seal is already developed by domestic manufacturer. We benchmarked against existing emulsion used in America and Europe and we completed internal performance evaluation. So, we like to develop construction equipment for fog/sand seal with this research project. We anticipate that we can open up the new market for preventive maintenance with this research. Followings are the final goals for this research.

- (1) Definition of specification for fog/sand seal equipment
- (2) Development of parts and assembly of entire equipment
- (3) Test construction and evaluation, then launch to construction market

III. Contents of Research

This research deals with the development of construction equipment for fog/sand seal that is belong to preventive maintenance category. The first year focuses on the conceptual design, part definition, part manufacturing, and so on. The second year focuses on the assembly of entire equipment and the conduction of test constructions. Eventually, we hope to bring fog/sand seal to real asphalt pavement maintenance market. Research contents for each year are followed;

- (1) The first year
 - Definition of conceptual design for construction equipment
 - Selection of nozzle design for high viscosity modified emulsion asphalt
 - Development of sand spreading method
 - Definition of storing and transporting emulsion asphalt
 - Manufacturing of sub-parts

(2) The second year

- Assembly of entire equipment
- Conduction of official quality control tests for existing modified emulsion asphalt
- Execution of test construction and modification of equipment
- Promotion of fog/sand seal to maintenance market

IV. Result of Research

The final research outcome is the development of fog/sand seal equipment to commercialize. The development direction and technical detail of equipment were determined in the first year. We also evaluated the performance of sealing material based upon the quality control specification. As a result, we acquired official test data sheets for further development and marketing. The equipment was assembled and the performance was evaluated through the test construction in the second research year. To spread out fog/sand seal and equipment, we promote our research outcome to potential customers and technical specialists. Followings are final research results;

- (1) Determination of Technical Specification for Equipment
- (2) Development of Parts and Assemble the Equipment
- (3) Test of Equipment and Performance Evaluation
- (4) Conduct Test Construction for Commercialization
- (5) Promotion of Fog/Sand Seal to Potential Customers

V. Action Plan for Research Result

The final goal of this research is to develop fog/sand seal equipment and to commercialize fog/sand seal to the asphalt pavement maintenance market. We have enough data and experience through test constructions and laboratory tests.

We planned that the fog/sand seal to adapt expressway and national highway maintenance market initially. However, we have changed our target to asphalt road and

parking lot in residential area because we can commercialize with less efforts. It is also easy to make the initial construction experience because those has smaller traffic volume and better construction convenience than expressways and highways. Hence, we conduct test construction on parking lot in the apartment complex.

On top of our research outcome, we will promote fog/sand seal to apartment maintenance companies working on 1st generation satellite cities including Bundang and Ilsan. We will combine fog/sand seal with existing asphalt pavement maintenance methods, such as crack sealing and patching, and then we could open the new maintenance market on residential area.

CONTENTS

Chapter. 1	Introduction	15
1.	Research Purpose	15
1.1	Research Purpose	15
1.2	Research Introduction	16
Chapter. 2	Status of Related Technologies	19
1.	Technology Condition	19
1.1	Kind of Maintenance	19
1.2	Kind of Preventive Maintenance Method	19
2.	Domestic Technical Trend	24
2.1	Status of Preventive Maintenance	24
2.2	Domestic Case Studies	25
3.	Foreign Technical Trend	30
3.1	Status of Preventive Maintenance	30
3.2	Preventive Maintenance Applies of America	30
3.3	Preventive Maintenance Applies of Europe	32
4.	Present Business Condition	33
Chapter. 3	Research Progress and Products	35
1.	Research Products	35
1.1	Research Summary	35
1.2	Major Research Products	36

Chapter. 4	Accomplishment of Research Objectives and its Contribution to related R&D	120
1.	Major Accomplishment of Research Objectives	120
1.1	Progress of Research Objectives	120
1.2	Accomplishment of Research Objectives	121
2.	Contribution of Research Result th Related R&D	123
2.1	Technical Sites	123
2.2	Society & Economic Sites	124
Chapter. 5	Application Plan	126
1.	Application Plan of Research Products	126
2.	Expected Effects from Research Products	127
2.1	Technical Sites	127
2.2	Society & Economic Sites	127
2.3	View of Related R&D	127
Chapter. 6	Information of Foreign Technologies during This Research Project	128
Chapter. 7	References	129

목 차

요약문	3
SUMMARY	7
CONTENTS	11
목 차	13
제 1 장 연구개발과제의 개요	15
제 1 절 연구개발 목표	15
1. 연구개발의 목표	15
2. 연구개발 개요	16
제 2 장 국내외 기술개발 현황	19
제 1 절 기술현황 개요	19
1. 유지보수의 종류	19
2. 예방적 유지보수 공법의 종류	19
제 2 절 국내 기술 현황	24
1. 국내 예방적 유지보수의 현황	24
2. 국내 적용사례	25
제 3 절 국외 기술 현황	30
1. 국외 예방적 유지보수의 현황	30
2. 미국의 예방적 유지보수 적용 현황	30

3. 유럽의 예방적 유지보수 적용 현황.....	32
제 4 절 국내외 업체 현황.....	33
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과.....	35
제 1 절 연구개발수행 내용.....	35
1. 연구개발내용 요약.....	35
2. 연구개발 주요 내용.....	36
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도.....	120
제 1 절 주요 연구목표 달성도.....	120
1. 연구개발 수행 진도율.....	120
2. 연구개발 수행 달성도.....	121
제 2 절 관련분야 기여도.....	123
1. 기술적 측면.....	123
2. 사회·경제적 측면.....	124
제 5 장 연구개발결과의 활용계획.....	126
제 1 절 연구결과의 활용계획.....	126
제 2 절 기대성과 및 파급효과.....	127
1. 기술적 측면.....	127
2. 경제·산업적 측면.....	127
3. 관련 후속연구개발의 전망.....	127
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보.....	128
제 7 장 참고문헌.....	129

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발 목표

1. 연구개발의 목표

연구개발 최종 목표

- (1) 포그셀/샌드셀 시공장비 개발
- (2) 시험시공 및 검증을 통해 개발기술의 사업화

국내 도로 포장의 대부분은 아스팔트 포장으로 이루어져 있다. 시멘트 콘크리트 포장에 비해 초기 시공비가 저렴하고 시공 후 별도의 양생기간 없이 교통개방이 가능하다는 장점이 있기 때문에 일반 국도 및 지방도, 시군도 등 대부분의 도로 포장을 아스팔트로 적용하고 있는 실정이다. 하지만 아스팔트 포장은 연성포장으로, 강성포장인 시멘트 콘크리트 포장에 비해 유지관리주기가 짧고 잦은 파손이 발생하고 있다. 특히 표면 노화로 인한 균열이 발생한 상태에서 우수 등의 침투로 인해 라벨링 및 포트홀과 같은 포장파손이 지속적으로 발생한다.

최근 해외에서는 이러한 아스팔트 포장의 파손을 적극적으로 억제하기 위해 사후개념의 보수가 아닌 예방적 보수개념을 적용하여 관리해오고 있으며 이러한 관리방법을 ‘예방적 유지관리(Preventive Maintenance)’라고 한다. 포장의 예방적 유지관리 공법들은 해외에서 알려진 바와 같이 다양하게 분포하고 있다. 아스팔트 포장뿐만 아니라 시멘트 콘크리트 포장 분야에도 예방적 유지보수 공법이 적용되고 있다. 하지만 국내에서는 아직 이러한 예방적 유지관리의 개념이 적용되지 못하고 있는 실정이다. 매년 국가 예산을 배정받아서 집행해야 하는 도로관리 주체에서는 발생하지 않은 파손에 대한 대처비용의 수용이 어려운 것이 사실이다. 하지만 넓은 의미로 도로관리를 국가의 자산으로 인식하여 관리하게 되면 미리 파손에 대한 예방적 유지관리를 적용하여 관리하는 것이 편의를 제공하는 사용자 입장에서나 관리자 입장에서 매우 효과적이라 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 아스팔트 포장의 예방적 유지관리 공법들 중 포그셀/샌드셀 공법

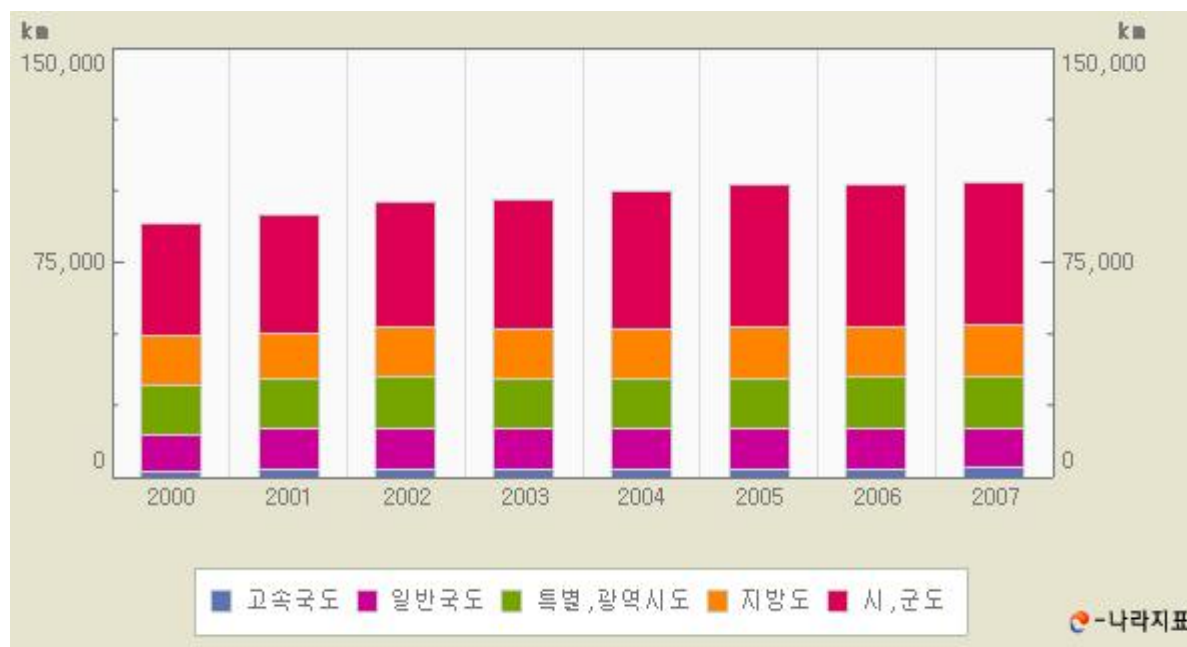
에 필요한 시공장비를 개발하고 시험시공 등을 거쳐 사업화 진행을 위한 기틀마련을 하고자 한다.

2. 연구개발 개요

가. 국내 도로 현황

우리나라 도로의 연장은 2000년 88,774km, 2004년 100,278km, 2007년 기준 103,019km로 꾸준히 증가하고 있다. 국가의 도로망을 신설하고 관리하기 위하여 매년 10조원 가량의 예산이 집행되고 있으며, 이 중 도로의 유지관리 비용은 고속도로, 국도, 광역시도, 지방도를 합쳐 약 1조 6천억원 가량이 소요되고 있다.

(출처: 2008 도로현황조서, 국토해양부)



〈그림 1.1〉 연도별 도로종류별 도로현황(연장)

아래의 표와 같이 도로 포장율의 증가로 신설도로 건설의 비중이 줄어들고 기존 도로망의 노후화가 진행됨에 따라 도로의 유지관리 비용이 매년 증가하고 있는 추세이다.

〈표 1.1〉 도로현황

[단위: km, %]

	2004		2005		2006		2007	
	연장	포장율	연장	포장율	연장	포장율	연장	포장율
합계	52,016	93.8	52,408	93.9	52,743	94.1	53,483	94.4
고속국도	2,923	100.0	2,968	100.0	3,103	100.0	3,368	100.0
일반국도	14,246	97.4	14,224	97.3	14,225	97.4	13,832	97.4
특별, 광역시도	17,371	99.2	17,506	99.4	17,738	99.5	18,109	99.4
지방도	17,476	78.4	17,710	79.0	17,677	79.6	18,174	80.6

나. 기존기술의 현황과 문제점

아스팔트 포장의 대부분인 포장도로의 수명을 연장하기 위한 유지보수 방안으로는 파손된 부위만을 걷어내고 패칭하는 방법, 기존의 포장을 절삭한 후 덧씌우기를 실시하거나 재포장을 실시하는 방법 등이 대부분 적용되고 있는 실정이다. 하지만 이러한 보수 방법은 도로 포장의 파손으로 인하여 도로의 성능에 문제가 발생했을 경우에 이를 치유하기 위한 목적으로 전면적인 보수를 실시하는 것을 말하는 것으로 이는 다소 소극적인 보수방법이라 할 수 있다. 이러한 소극적인 보수방법을 적용하게 되면 기존 파손된 아스팔트 포장의 폐기물이 발생할 뿐만 아니라 교통차단 등으로 발생하는 사회적 비용의 증가, 도로 관리자 측면에서의 유지관리 방법의 획일화 등의 문제점을 수반하게 된다.

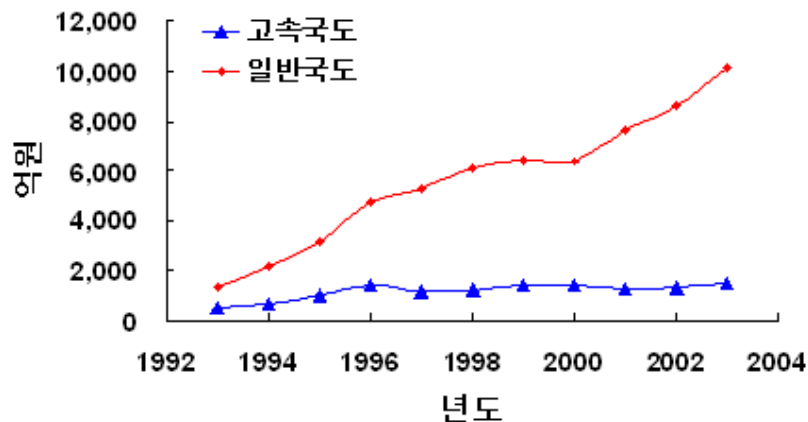
따라서 도로 포장의 파손에 있어 보다 능동적인 대처방안을 강구하여 포장 파손의 최소화 및 기존 도로 포장의 수명을 증진시킬 수 있는 방법들을 찾아 적용하는 것이 국내 포장 분야의 관리방법 개선과 유지관리 분야의 기술개발을 도모할 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 1.2〉 도로 포장 파손

3. 연구개발의 필요성

국내 도로 연장의 증가와 더불어, 도로의 다양한 시설물 중 내구연한이 상대적으로 짧은 포장에 대한 유지보수 비용이 다음 그림에서와 같이 빠른 속도로 증가하고 있다. 이는 도로망의 건설이 마무리된 해외 선진국에서는 오래전부터 나타나기 시작한 현상으로서, 도로의 유지보수 비용을 절감하기 위한 새로운 포장 보수 공법들이 지속적으로 개발되어 실용화되고 있다. 하지만, 국내에서는 아직 도로포장의 유지관리 측면에서 획일적인 재포장만을 시행하고 있고, 경제성을 감안한 다양한 유지보수 공법의 개발은 미미한 실정이다.



<그림 1.3> 연도별 도로의 유지관리 비용

예방적 유지관리 공법은 기존의 공용중인 도로에 심각한 파손이 발생하기 전에 미리 저가의 보수공법을 적용하여 포장의 파손을 예방하고 공용 수명을 증진시켜 높은 수준의 공용성을 유지하는 개념으로서, 선진국에서 보편화되어 적용 중인 기술이다. 해외 사례와 같이 국내에서도 공사비가 저렴하고, 비용대비 효과가 우수한 예방적 유지관리 공법을 국내에 도입 한다면, 매년 급격하게 증가하고 있는 우리나라의 도로유지보수 비용이 상당 금액 절감이 가능할 것이다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 기술현황 개요

1. 유지보수의 종류

일반적으로 도로 포장의 유지관리방법은 2가지로 나누어진다. 포장 파손 후 보수를 실시하는 전통적 유지보수와 포장 파손이 발생하기 전에 간단한 표면처리 및 썰링처리를 통해 포장 파손 및 공용주기를 증대시켜주는 예방적 유지보수이다. 전통적 유지보수에는 유지 측면의 공법으로 긴급으로 조치를 요하는 포트 홀과 단차의 보수와 노면절삭, 소성 변형, 미끄럼 저항치의 저하, 국부적인 침하의 처리 등을 들 수 있으며, 장기적인 관점에서 조치로서 덧씌우기 및 절삭 덧씌우기, 재포장, 표면 리사이클링 등을 들 수 있다. 예방적 유지보수에는 시기적절하게 조치를 요하는 표면처리(균열 실링, 균열 채움, 칩셀(chip seal), 슬러리셀(slurry seal), 마이크로 서피싱(microsurfacing)이 있다.

2. 예방적 유지보수 공법의 종류

가. 균열처리공법

균열처리공법은 콘크리트 및 아스팔트 포장 등에서 차량하중 및 환경하중에 의해 포장의 표면 및 전단면이 갈라져서 발생하는 균열을 보수하는 방법을 말한다. 일반적으로 포장에서 발생하는 균열은 특수한 상황이 아니고서는 차량 통행에 큰 지장을 초래하지는 않는다. 그렇기 때문에 균열 보수방법은 전통적 보수방법이라기 보다는 예방적 유지보수로 분류한다. 이는 발생한 균열을 방치하게 되면 포트홀이나 거북등 균열 등으로 발전하여 차량 통행에 있어 위험요소로 작용하게 되기 때문에 예방적 보수공법을 통해 더 이상의 파손 진행을 억제시켜주는 역할을 하게 된다. 균열처리공법으로는 균열 썰링, 균열 충전 및 균열 전면 처리(full-depth crack repair)공법이 있다.

균열 썰링은 일반적으로 폭이 2cm보다 적은 경우에 적용되며, 균열 틈으로 물이 침입하는 것을 막기 위하여 포장체 균열을 원하는 보수 형태로 잘라내고 균열 틈을 깨끗이 청소한 후 특수한 재료로 채운다. 균열 충전은 비교적 큰 선상의 균열 또는 시멘트 콘크리

트 포장 위 아스팔트 층에 나타나는 반사균열 등에 아스팔트계 혼합물을 균열에 충전하여 보수하는 공법이다. 균열전면처리는 소파보수(patching)에 해당한다고 볼 수 있다.



<그림 2.1> 균열 처리 공법 적용예

나. 표면처리

표면처리는 차량통행에는 문제가 없으나 방치하게 되면 추가적인 파손이 예상되는 포장 표면의 부분적인 균열, 변형(소성변형, 종단방향의 요철), 마모 및 붕괴(라벨링, 박리, 노화)와 같은 표면파손이 발생한 경우에 기존 포장에 얇은 층으로 씌워주는 공법을 말한다. 일반적으로 우기 또는 한냉기 전에 실시하면 양호한 상태로 포장을 유지할 수 있으므로 예방적인 조치로서 매우 효과적이다. 표면처리를 실시하는 기존 포장은 사전에 요철을 정정하고 균열 등을 수리하여 평탄한 노면으로 만들어 둔다.

(1) 포그셀/샌드셀(Fog Seal/Sand Seal)

포그셀 공법은 아스팔트 바인더를 물에 유화시킨 아스팔트 유제를 얇게 살포하여 작은 균열과 표면의 공극을 채워 노면을 소생시키는 공법으로서 포장 표면이 노화되었거나 공극이 많은 경우에 적용한다. 일반적으로 시공 방법은 유화 아스팔트를 포장의 표면조직에 따라 일정량을 살포한 후 별도의 다짐 및 표면처리 없이 1~3시간 후에 교통을 개방한다. 포그셀용 유화 아스팔트는 깊은 침투와 희석의 용이성을 위하여 완속 경화용 아스팔트를 사용하기도 하고 경우에 따라서는 속경성의 개질 유화 아스팔트를 사용하기도 한다.

포그셀은 일반적으로 모래를 뿌리지 않지만 포그셀 적용 후 미끄럼 저항성 증대가 요구

되는 상황에서는 규사(모래)와 함께 살포하는 경우도 있으며 이를 샌드셀이라고 한다. 샌드셀은 포그셀과 달리 유화 아스팔트 위에 모래를 얇게 살포하는 것이며, 포그셀용 유제와 섞어서 사용하지는 않는다. 샌드셀은 급속 양생 유화 아스팔트를 사용하며, 저속, 저교통량의 도로에 주로 사용한다. 샌드셀의 시공순서는 포그셀의 경우와 비슷하고 유화 아스팔트의 형태와 모래를 살포하는 것만이 다르다.



〈그림 2.2〉 포그셀 및 샌드셀

(2) 칩셀(Chip Seal)

칩셀 공법은 미국에서 많이 적용해 오는 예방적 유지보수 공법으로 아스팔트 포장 도로에 유화 아스팔트를 포설한 후 바로 골재를 투입하여 롤러 등을 이용해 아스팔트 속으로 골재를 깊숙이 박아넣어서 시공하는 공법이다. 칩셀은 하중에 의해 발생한 균열이 아닌 포장도로의 표면을 메우거나, 표면 마찰을 증가시키기 위해서 주로 사용된다. 최근에는 고무질의 아스팔트 유제를 이용한 칩셀이나 샌드위치셀(sandwich seal)등이 개발되어 적용되고 있다. 샌드위치셀은 굵은 골재셀로부터 차례로 작은 골재셀로 이루어져 미끄러짐 저항을 증가시키기 위해 사용되는 칩셀의 한 형태이다.



〈그림 2.3〉 칩셀 시공 및 표면상태

(3) 슬러리셀(Slurry Seal)

슬러리셀 공법은 상온혼합식에 의한 표면처리 공법의 일종으로 슬러리셀 재료로는 유화 아스팔트, 골재, 물 등을 사용한다. 슬러리셀은 특히 포장층이 얇고 기존 층과의 정착이 이온특성에 의해 강력히 부착되기 때문에 하절기의 소형 변형 억제효과가 크다. 또한 상온 혼합식이므로 아스팔트 가열에 기인한 산화현상이 억제되고 접착력이 증대되므로 동절기의 균열방지에 효과가 크다.



〈그림 2.4〉 슬러리 셀

(4) 마이크로 서페이싱(Micro Surfacing)

국내에서도 일부 소개된 바가 있는 마이크로 서페이싱은 폴리머 개질 아스팔트 유제와 100% 갠 자갈 및 채움재, 물과 첨가제를 혼합한 혼합물로 바퀴 자국 패임이 2cm이상이거나 마찰 감소가 수준 이하일 때 적용한다. 그리고 산화가 포장도로의 균열을 심화시키는

것을 완화 시킬 때, 포장도로의 수명을 연장하기 위해 예방적 유지보수 공법으로 사용된다.



〈그림 2.5〉 마이크로 서페이싱

(5) 박층공법(Thin Hot-Mix Asphalt Overlay)

박층공법은 일반 가열 아스팔트 혼합물(Hot Mixed Asphalt)을 이용해 시공하는 것으로 일반적인 시공방법은 아스팔트 포장공법과 동일하지만 골재의 입경을 최소화시켜 1~3cm 정도의 두께로 시공하는 것을 말한다. 이들 혼합물들은 평탄성의 기능성 향상과 마찰력 증대 및 추가적인 교통량 증가가 없는 도로의 약간의 구조적 능력 향상을 목표로 한다. 특히 더 긴 수명과 상대적으로 낮은 소음의 표면이 희망되는 도시지역 등 높은 교통량의 도로에 적합하다.

제 2 절 국내 기술 현황

1. 국내 예방적 유지보수의 현황

국내의 예방적 유지관리 사례는 균열을 충전하기 위한 씰링 공법이 주류를 이루고 있다. 반면에 슬러리셀, 초박층 포장 공법을 사용하여 도로 포장을 유지 보수한 사례는 매우 적다. 고속도로와 국도대부분의 경우가 아스팔트 덧씌우기로 유지보수를 실시하고 있는 실정이며, 지방도나 시·군·도에서 표면처리 공법이 종종 시행되었는데 이는 지방자치단체에서 예방적 유지보수 체계를 갖추고 실시하는 것이 아니라 덧씌우기에 비해 시공비용이 저렴하여 예산상의 문제 때문에 시행되고 있는 것으로 확인되었다. 국내의 예방적 유지보수 사례를 살펴보면 균열 씰링이나 슬러리셀과 같은 예방적 유지보수 공법 등이 일부 지역에서 제한적으로 사용되었으나 크게 실용화되지는 못하고 있는 실정이다.

최근 국내 연구기관 및 기술진들에 의해 포장의 예방적 유지관리에 대한 중요성을 인식하여 연구활동이 활발하게 진행 중에 있다. 이 중에는 당사에서 후원한 ‘도로시설물 자산관리 및 도로포장의 예방적 유지관리 워크샵, 2007, 한국도로학회’도 포함되어 있다. 다음은 최근 공공 및 민간기관에서의 예방적 유지관리 추진현황을 나타낸 것이다.

〈표 2.1〉 예방적 유지관리에 대한 국내 최근 연구동향

주체	주요 연구 내용
공공기관	2007년부터 한국도로공사 도로교통연구원에서 예방적 유지관리의 기초연구 개시
	한국도로공사 구조물처에서 아스팔트 교면포장 파손과 관련하여 예방적 유지관리 공법을 대안으로 고려
	한국건설기술연구원에서는 예방적 유지관리 공법의 도입을 검토중임
민간기관	균열 썰링 공법(신기술 220호)은 광범위하게 적용되지 못하는 실정임
	슬러리셀 공법(신기술 321호)는 수입된 장비를 이용하여 소규모로 국내에 적용한 사례가 있음
	당 사는 2006년 자산관리 및 예방적 유지관리 워크숍을 개최함
	한국석유공업(주)에서는 2008년에 예방적 유지관리를 위한 개질 유화 아스팔트를 개발하였음
	아스팔트 포장의 표면처리 시공기술(신기술 547호)은 전기로 슬래그 골재와 상온 유화아스팔트 혼합물을 적용하는 것으로 마이크로 서페이싱 공법과 유사한 방법으로 시공한다.

2. 국내 적용사례

가. 균열 썰링 공법(건설 신기술 220호)

건설 신기술 220호는 페타이어 고무분말 및 페스티로폼의 합성재료를 이용하여 포장균열 보수용 재료를 제조하는 기술에 관한 것이다. 기존에 미국, 일본 등의 선진국에서 사용되는 기술은 아스팔트에 에스비에스(SBS) 삼블록 공중합체, 페타이어 고무분말, 충전제(탈크 및 실리카 등), 오일, 점착제 등을 배합한 것으로 알려져 있으나, 본 기술은 스티로폼을 추가하여 폐자재를 재활용하고, 봉합제의 연화점 및 침입도를 개선시켰다.

본 기술의 시공방법은 다음과 같다. 흙 만들기(routing) → 빗질 및 압축공기 청소 → 균열부 가열 → 균열 봉합제의 주입 → 평탄화 → 마무리(석회수 또는 탈크 분산 수용액으로 표면 도포)의 과정으로 시공된다.



〈그림 2.6〉 건설 신기술 220호 시공 과정

본 기술은 콘크리트 및 아스팔트 포장에 모두 사용되는 것으로 기존 기술의 제품에 비해 기후적합성(내후성) 및 패임(rutting) 저항성, 접착강도 등이 증가하고 탄성(또는 원상 회복율)이 증가하며 소성변형이 감소(연화점 증가)하는 물성 개선이 이루어진 것이 특징이다.

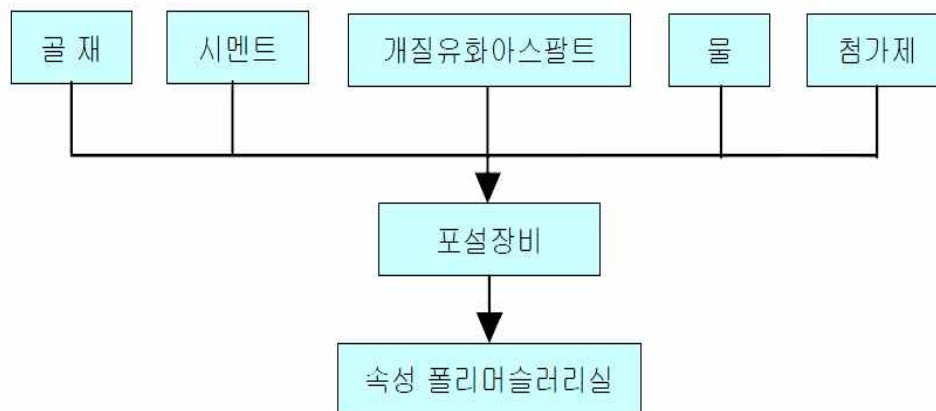
제조된 보수제(또는 봉합제) 제품은 국내에서 아스팔트 및 콘크리트 포장 도로 균열 봉합제, 원형감지기의 봉합제, 교량 조인트 및 건물의 방수제로 활용되고 있으며 각종 토목 구조물, 항공 시설, 건축 구조물 등의 신설 및 유지보수에 사용되며, 다양한 분야에 용도 개발이 진행되고 있어 조인트 등 건설 재료로의 응용 분야가 확대되고 있다.

나. 박층 포장 공법(건설 신기술 321호)

건설 신기술 321호는 노후도로의 유지·보수를 위한 공법으로서 기존 일반 슬러리셀의 취약부분인 바인더의 성능을 개선하기 위하여 원료 아스팔트에 글리세린 화합물과 수지산을 배합한 활성촉진제와 라텍스를 첨가하여 유화 아스팔트를 제조하는 기술과 이 유화 아스팔트를 이용하여 기존 포장체 위에 박층 포장하는 속성 폴리머 슬러리셀 공법이다. 본 신기술은 유화 아스팔트에 글리세린 혼합물과 수지산을 적정량 배합하여 혼합물의 경화시간 조절과 원하는 강도 및 접착력을 향상시키고, 활성촉진제를 첨가하여 시공 가능한 경화시간을 결정하였다. 또한 폴리머(라텍스) 개질 유화 아스팔트를 제조하여 온도에 대한 감온성을 줄여주고 탄성력을 보완시켰으며 기존 노면 혹은 골재와 골재간의 마찰력을 증대시켜 혼합물의 공용성능을 향상시켰다.

폴리머 슬러리셀의 시공은 포설장비(paver)에 재료(골재, 유화아스팔트, 물, 시멘트 등)를

직접 혼합하여 포설하는 현장 배합 방식이다. 시공 공정은 다음의 그림과 같다.



<그림 2.7> 건설 신기술 321호 시공 과정

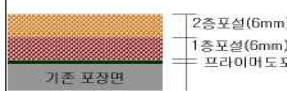
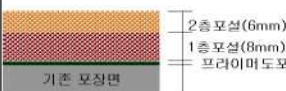
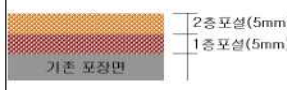
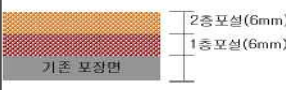
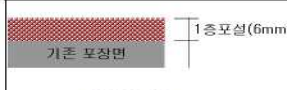
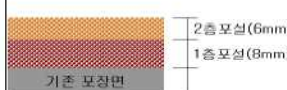
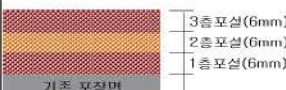
시공이 적용된 현장에 대한 추적조사 결과, 노후된 노면에 대해 미끄럼저항 향상과 균열 및 노면 파손 발생율의 감소 등의 효과를 보였다. 또한 각각 현장에 대해 코어를 채취하여 습윤 마모시험을 통해 혼합물의 내구성 측정결과 대부분의 현장 코아에서 마모 발생이 이루어지지 않아 폴리머 유화아스팔트에 의한 혼합물의 내구성이 증진되었음을 확인하였다. 폴리머 슬러리셀 공법은 도로포장의 유지관리 공법으로써 작업방법의 간소화와 혼합물 양생시간의 단축으로 인한 교통통제 시간을 단축시키고 폴리머 슬러리 셀 공법을 적용함으로써 노후된 기존도로에 대해 미끄럼 저항성의 향상, 균열 및 노면 파손율의 저하, 빠른 교통 개방 등을 통해 도로 이용자의 편리를 도모하는 친환경 공법이다. 하지만 실제 현장에서 적용한 결과, 양생과정에서의 문제점 등이 노출되어 널리 적용되지는 못하고 있는 실정이다.

다. 아스팔트 포장 표면처리 시공기술(건설 신기술 547호)

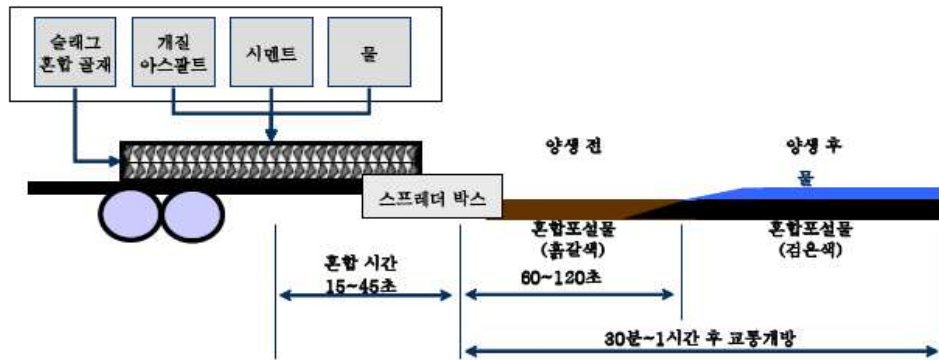
본 신기술은 해외에서 적용되고 있는 마이크로 서페이싱과 유사한 공법으로 전기로 슬래그 골재와 개질 유화아스팔트, 물, 시멘트의 혼합물을 두께 6 ~ 18mm로 장비 또는 인력으로 시공이 가능한 적층 포장공법이다. 접착성, 방수성, 시공성 등의 품질기준을 만족할 뿐만 아니라 미끄럼 저항성 및 소성변형에 대한 저항성 등이 우수하다. 또한 도로 유지보수 시 표면을 10 ~ 14mm 정도 절삭하여 시공하거나 노면 위에 바로 덧씌우기로 시공하여 도로포장 표층의 방수성능을 보강하고, 콘크리트포장에 적용하는 경우는 소음을 감소시키며, 안전하고 쾌적한 도로 환경을 구현할 수 있는 예방적 도로 유지보수 공법으로

신속한 시공성으로 일반 절삭+재포장 시공방법과 비교하여 공사비 절감 등에서 장점이 있다.

〈표 2.2〉 건설 신기술 547호 적용 방법

적용처	적용 1	적용 2	검토
콘크리트 포장면	기존 표면은 일정 두께 절삭 또는 덧씌우기로 균열보수, 팻칭보수 병행		- 기존포장 균열깊이 - 중차량 통행 정도 등에 따라 결정
	 포설두께 : 12mm	 포설두께 : 14mm	
아스팔트 포장면	기존 표면은 일정 두께 절삭 또는 덧씌우기로 균열보수, 팻칭보수 병행		- 기존포장 변형정도 - 균열깊이 - 포장노면상태 - 중차량 통행 정도 등에 따라 결정
	 포설두께 : 10mm	 포설두께 : 12mm	
	 포설두께 : 6mm		- 아스팔트 균열보수 후 표면처리
교면포장	기존 표면은 일정 두께 절삭 또는 덧씌우기로 균열보수, 팻칭보수 병행		- 기존포장면의 절삭 후 시공 - 중차량 통행 정도 등에 따라 결정
	 포설두께 : 14mm	 포설두께 : 18mm	

본 신기술의 원리는 제강산업의 부산물인 전기로 슬래그 골재와 상온 유화아스팔트, 그리고 천연라텍스 등의 첨가제를 혼합하여 상온에서 혼합물을 포설하는 방법이다. 전기로 슬래그 골재를 사용함으로써, 부족한 천연골재를 대체할 수 있는 대체자원 개발과 산업 부산물을 활용하며, 천연 라텍스 등 첨가제를 활용하여 경화시간을 단축함으로써 연속 적층 포장, 1시간 이내 빠른 교통개방이 가능하다.



<그림 2.8> 건설 신기술 547호 시공 방법

본 기술의 시공 순서는 도로 표면의 먼지, 기름등의 이물질을 깨끗이 제거 한 후, 균열 실링 보수를 한다. 그 후 마이크로포장 규정에 따라 적정 배합비로 1차 조절층을 포설한다. 약 30분에서 1시간이 경과한 후 2차 마모층을 포설한다. 2차 포설 후 1시간 내외 교통을 개방한다.



<그림 2.9> 건설 신기술 547호 시공 순서

제 3 절 국외 기술 현황

1. 국외 예방적 유지보수의 현황

최근 미국에서는 21세기에 돌입하면서 고속도로 네트워크를 최고의 수준으로 유지시키기 위해서 그 어느 때보다 많은 예산이 필요할 것이라 예상하고, 이러한 수준을 유지시키기 위해서 도로 관련 담당자들의 도로 관련 사업의 목표를 재조명할 필요가 있다고 인지하고 있다. 이것은 기존 도로망의 확대나 연장보다는 기존 도로의 보존과 관리에 초점을 두어야 한다는 것으로, 기존 도로망이 기능을 보존하고, 주행을 더욱 쾌적하게 하고, 도로 수명을 더 오래 지속하는데 노력을 하는 것으로 인식이 바뀌어 가고 있다.

예방적 유지보수 프로그램을 가장 성공적으로 현장에 적용하고 있는 주는 캘리포니아주, 조지아주, 미시간주, 뉴욕주, 텍사스주라 할 수 있다. 조지아주와 텍사스주는 수년간 예방적 유지보수를 그들의 도로에 시행하고 있으며, 예방적 유지보수가 도로 기반시설의 상태를 향상시키는데 주요한 역할을 하고 있다고 보고하고 있다.

2. 미국의 예방적 유지보수 적용 현황

가. 텍사스주(Texas State)

텍사스주는 1990년 전략적 도로연구사업의 SPS-3 과제인 “Flexible Pavement Treatments”에서 예방적 유지보수 공법을 적용하였다. 현장에 시험 시공된 공법으로 슬러리셀, 칩셀 및 박층 덧씌우기 등이 시험 시공되었다. 포장 장기공용성 연구(LTPP, Long Term Pavement Performance study) 평가에 의하면 예방적 유지보수는 종래의 유지보수보다 비용 효과적인 것이 판명되었다.

1997년 텍사스주의 벨포드시의 포장상태 조사 결과에 의하면 예방적 유지보수에 사용된 비용이 재포장이나 재시공보다 훨씬 적은 비용으로 도로의 포장상태를 유지하고 있음을 보여주고 있다. 이에 벨포드시는 도로를 재포장이나 재시공까지 기다리는 것 보다 적절한 시기에 예방적 유지보수를 하는 것을 추천하고 있다.

나. 조지아주(Georgia State)

1995년에 전국의 운전자에게 실시한 조사에 의하면, 포장상태가 국가도로시스템의 향상을 위한 주요 항목인 것으로 나타났다. 20년 이상 조지아 교통국은 포장 보호전략에 의하여 도로 사용자를 만족시키기 위하여 노력하여 왔다. 조지아주의 포장보호전략은 포장의 상태를 좋게 유지하는데 그 목적이 있다. 나쁜 상태의 포장을 예방적인 포장으로 하는 것은 교통국에 단지 이익을 주는 것만이 아니라, 조지아주 도로의 질을 향상시킴으로써 주행자에게도 이익을 준다.

1972년과 1997년 사이에 조지아주의 아스팔트 포장의 평탄성은 300%이상으로 향상되었다. 평탄성 측정법에 의하면 관례적으로 실행한 뒤 아스팔트 포장을 재포장하였다. 포장관리시스템을 위하여 수집된 평탄성 자료는 더 이상 예방적 유지관리를 위한 중요 요소가 되지 않을 만큼 조지아주의 포장은 높은 수준의 주행성에 도달하였다. 조지아 교통국은 얇은 포장의 덧씌우기를 포함한 예방적 유지보수를 위하여 매년 10%정도를 처리한다. 또한 중요한 것은 포장의 보호 지원을 위해 7,000만에서 8,000만 달러를 예방적 유지보수에 사용한다. 이는결과적으로 조지아주에 재정적인 이익을 주고 있다.

다. 미시간주(Michigan State)

미시간주의 도로 유지보수 기술자들은 수년간에 걸쳐 유지보수의 사례들을 만들어 왔다. 미시간 교통국의 연구에 의하면 예방적 유지보수는 현명한 투자라는 것이 증명되고 있다. 이 연구에 의하면 교통국의 예방적 유지보수 정책은 기존 종래의 유지보수보다 6배 이상 비용효과가 큰 것을 알 수 있다.

미시간 교통국은 1992년에 15,420km를 유지하는 방법으로 예방적 유지보수 정책을 채택하였다. 그 이후로 예방적 유지보수 방법은 8,000만 달러의 비용으로 아스팔트 포장과 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장의 약 4,260km에 적용하였다. 교통국이 예방적 유지보수를 이행하지 않고 종래의 유지보수를 시행할 경우 70,000만 달러가 소요되어야 한다고 연구되었으며, 이는 예방적 유지보수 방법보다 8배 이상 많은 것이다.

라. 캘리포니아주 및 뉴욕주(California and Newyork State)

캘리포니아주와 뉴욕주는 예방적 유지보수가 포장의 수명을 늘리고 포장의 목적을 달성하는데 비용측면에서 가장 효과적인 수단이라는 결론을 얻었다. 현장적용 과정에서도 예방적 유지보수가 성공적으로 작동하였다. 적용한 예방적 유지보수 방법에 대해서 포장상태, 예상되는 수명과 비용 등을 조사하였다.

캘리포니아 교통국은 교통위원회에 예방적 유지보수 처리로 포장 표면을 원상태로 복원시켰고, 포장의 서비스 수명을 5~7년 연장시켰고, 이러한 포장의 수명연장이 가장 비용이 많이 드는 재포장을 지연시켜 추가 비용을 최소화하는 유지 보수라고 보고하였다.

뉴욕주에서의 예방적 유지보수에 관한 보고 내용도 캘리포니아주의 경우와 흡사하다. 포장 유지보수의 비용을 절감시키면서 포장의 상태를 높은 수준으로 유지하는데 성공적으로 적용되었다고 보고하고 있다. 또한 이러한 결과가 상위 결정자의 유지보수에 관한 개념을 종래의 'worst first'에서 예방적 유지보수가 우선으로 하는 개념으로 바꿀 수 있어서 예방적 유지보수에 드는 예산을 계속적으로 지원 받을 수 있게 되었다.

3. 유럽의 예방적 유지보수 적용 현황

유럽의 경우 여러 종류의 예방적 유지보수 공법들이 미국보다 먼저 포장 유지보수에 적용된 경우가 많다. 슬러리셀이나 폴리머 슬러리셀 공법은 유럽에서 먼저 개발되어 사용된 공법이다. 슬러리셀은 유럽에서는 1920년 표면처리 공법으로 개발되어 사용되고 있다. 1970년대 후반 개질 슬러리셀이 개발되어 중차량 도로에 그 사용량이 증가하고 있다. 스페인, 프랑스, 독일 등이 유럽에서 슬러리 셀 공법을 가장 많이 사용하는 국가들이다. 유럽에서 개발된 슬러리셀은 개질 슬러리셀에 합성섬유를 섞어 사용하는 공법이다. 프랑스는 합성섬유(골재중량의 0.1~0.2%)를 혼합한 개립도 혼합물을 사용하는데 이는 표면의 미끄럼 저항과 내구성을 증진시켜 주고 있다. 사용된 섬유는 유제의 점도를 증가시키고, 개립도 혼합물의 분리를 막아 주는 역할을 한다.

스페인의 경우 사용 합성섬유의 양이 프랑스의 경우보다 많은데 골재 중량의 0.3~1.0%이며, 이는 표면의 미끄럼 저항과 표층 균열을 억제하고 있다. 폴리머 슬러리셀은 1976년 독일에서 먼저 소개된 공법으로 주요 도로의 소성변형 부분을 메우거나 표면을 재처리하는 경우에 사용되고 있다.

영국의 경우 surface dressing, surfacing treatment 및 thin surfacing 이라는 유지보수 카테고리에 일반적으로 예방적 유지보수 공법이 있어 이들의 사용을 수시로 가능하게 하고 있다. 영국 BBA(British Board of Agreement)의 자료에 의하면 thin surfacing 공법이 다양한 공법으로 시행되고 있으며, 칩셀과 함께 사용실적이 증가한다고 한다.

제 4 절 국내외 업체 현황

국내의 예방적 유지보수 사례는 균열을 충전하기 위한 쉐링제가 주류를 이루고 있으며, 반면에 예방적 유지보수 공법중 슬러리셀, 초박층 포장 공법을 사용하여 도로 포장을 유지보수 한 사례는 매우 적을 뿐만 아니라, 본 기술의 포그셀과 관련한 유지보수 사례는 없는 것으로 조사되었다.

해외의 경우, 미국 및 유럽을 중심으로 예방적 유지보수 공법이 도입되고 있으며, 특히 미국은 1995년 예방적 유지관리 공법을 법제화 하였으며, 유럽은 스페인, 프랑스 및 독일이 가장 활발하게 적용하고 있고 적용비율도 점차 증가하고 있다. 미국의 Valley Slurry Seal사는 도로 보수 관련 재료의 개발 및 생산, 생산 설비 등 관련 분야에서의 기술을 선도하고 있는 업체로서 시공사를 계열사로 보유하고 있으며, 슬러리/마이크로 서피싱 머신, 에멀전 제조 시스템 및 고무 아스팔트 혼합시스템을 제품 포트폴리오를 구축하고 있다.



〈그림 2.10〉 Valley Slurry Seal사의
장비

미국의 E.D.Etnyre & Co.사는 표면처리용 쉐링 공법에 필요한 분사장비 전문회사로서 분사량 자동 조정 기능 등의 선진기술을 보유하고 있다. 현재 다양한 예방적 유지보수 공법이 개발 및 시도되고 있으며, 평가 대상기술은 포그셀 및 샌드셀과 관련한 것으로 기존의 전통적 보수공법에 비하여 포장의 보존과 포장의 질 저하를 감소시켜 높은 수준의 공용성능 유지가 가능한 것으로 판단된다.



〈그림 2.11〉 E.D.Etnyre & Co.사의
아스팔트 유제 살포기

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구개발수행 내용

1. 연구개발내용 요약

당해연도 연구개발은 전년도에 진행되었던 장비의 제작이 연속적으로 이루어졌으며, 세부항목들의 제작이 마무리 되면서 조립 및 시험테스트 등을 통해 최종적으로 장비의 제작이 완료되었다. 시험시공 등을 통해 아파트 단지 내 포장의 새로운 시장 개척을 위한 홍보 및 영업활동을 진행하였으며, 향후 사업화를 위한 다양한 개발업무가 진행되었다. 다음은 본 연구과제에서 진행한 당해연도 연구내용 및 결과를 요약한 것이다.

연 차	연구 내용	연구 결과
2차년도	■ 장비 제작 계속 ■ 장비 조합 완료 및 장비제작 ■ 시험시공 및 결과고찰 ■ 장비보완 및 완성 ■ 홍보 및 영업활동	■ 추가적인 장비제작 계속 진행 ■ 전체적인 장비제작 마무리 및 시험운영 ■ 장비 테스트 및 시험시공 실시 ■ 최종 포그셀/샌드셀 시공장비 개발 완료 ■ 시험시공 단계부터 홍보활동 진행 ■ 관리자 및 담당자를 대상으로 홍보 및 영업활동 실시

2. 연구개발 주요 내용

2차년도에 과제 진행은 본 연구의 최종 목표인 시공 장비의 시스템 구축을 위한 장비제작 완료 및 보완작업을 실시하여, 사업화를 위한 기반을 마련하는데 주안점을 두고 작업이 진행되었다. 1차년도에 진행되었던 장비제작을 기반으로 시스템의 전체적인 마무리를 실시하였으며, 장비의 시험운행을 실시하여 장비 내 시스템의 연동성 등을 검토하였다. 장비의 전체적인 구성에 필요한 품목들은 1차년도에 제작이 완료되어 장비에 장착하였으며, 장비의 원활한 구동을 제어하기위한 제어부를 구성하여 장비의 성능테스트를 실시하여 장비구성 품목 및 시스템의 보완을 실시하였다. 본 과업이 진행된 세부내용은 다음과 같다.

가. 장비 기본설계

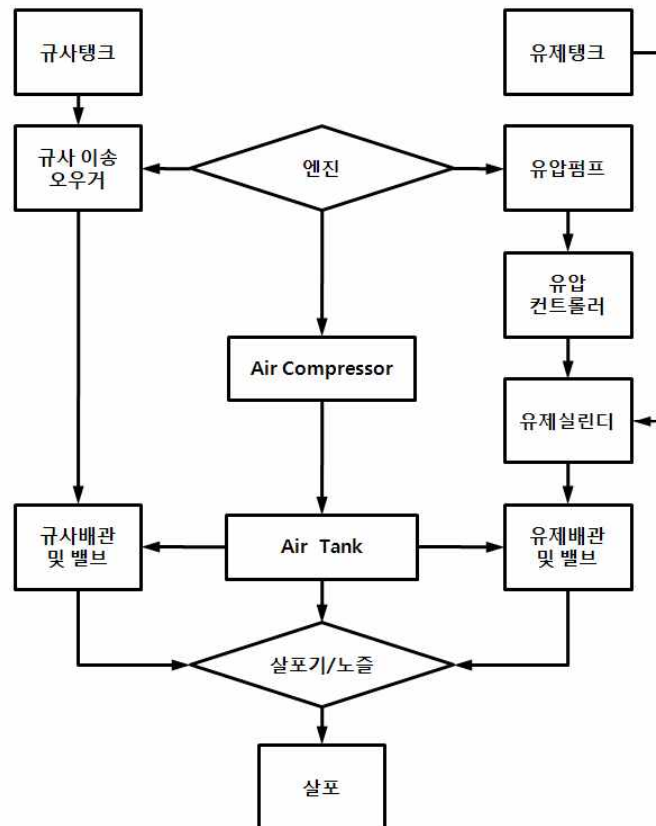
본 연구는 아스팔트 유제만을 살포하여 시공하는 포그셀 공법과 아스팔트 유제와 규사를 함께 시공하는 샌드셀 공법을 모두 적용할 수 있는 장비를 개발하는 것이다. 따라서 본 연구진은 유제와 규사를 연동하여 살포 가능한 시스템을 구축하고, 재료 포설에 필요한 세부 항목들을 선정하여 전체적인 장비의 구성을 결정하였다. 장비의 구성은 작업 진행 흐름과 주요 수행 작업들을 고려하여 실시하였다.

장비는 크게 장비탑재용 차량과 제어부, 저장부, 동력부, 이송부, 노즐 및 살포부, 스크리드 및 스퀴즈로 구성하였다. 장비의 전체적인 구성에 필요한 세부항목별 주요 기능 및 기본적인 제작조건은 다음과 같다.



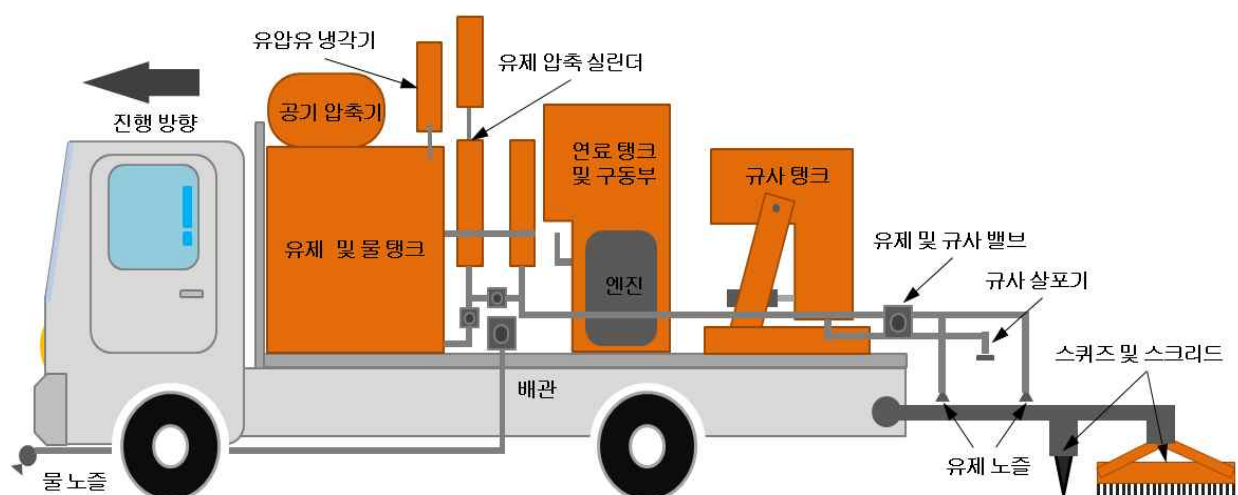
〈그림 3.1〉 장비 항목별 기본 요구 사항

장비의 전반적인 배치는 본 공법에 사용되는 유제가 상온 아스팔트 유제인 것을 감안하여 엔진 발열에 의한 재료 변화와, 최적의 재료공급 라인 구성 및 재료 적재시의 장비 무게중심 등을 고려하여 다음 그림과 같은 형태로 구성하였다. 장비의 전체적인 작동 흐름구성은 다음과 같다.



<그림 3.2> 제작되는 장비의 전체 구성도

위의 흐름을 바탕으로 장비의 전체적인 형태를 나타내면 다음과 같다. 장비 구성의 대부분은 차량에 탑재 되었어 안정된 형태의 구조를 보인다. 또한 시공 장비에 의한 차량의 연장이 길어져 이동 시에 발생할 수 있는 불편을 해소하기 위하여, 스크리드 및 스쿼즈 장비는 탈부착이 가능하도록 설계되어 차량의 이동에 지장이 없도록 고안하였다.



<그림 3.3> 장비의 레이아웃

나. 주요 항목 제작 고려사항

(1) 노즐부 설계

본 연구진은 노즐부 개발에 대한 기본적인 원리는 현재 국내에서 아스팔트 포설에 사용하고 있는 유제 살포장비(Distributor)의 방식을 토대로 하여 제작방향을 결정 하였다. 기존 유제 살포장비(Distributor)에 사용된 노즐은 유제 살포 전용으로 특별히 제작된 것이 아니라 도료 및 공기 분사용 노즐 또는 배관 파이프를 주조하여 사용하고 있는 실정이다. 본 노즐을 사용하여 개질 유화 아스팔트의 분사 시험을 실시한 결과, 유제의 빠른 경화속도에 의하여 노즐 막힘 현상이 빈번하게 발생하였다.



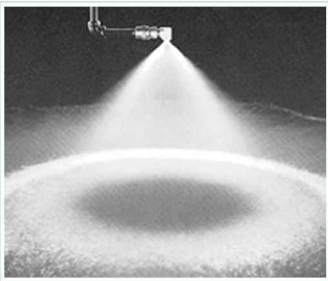
〈그림 3.4〉 기존 아스팔트 유제 살포용
노즐형태



〈그림 3.5〉 노즐 끝단의 고형분 응고현상

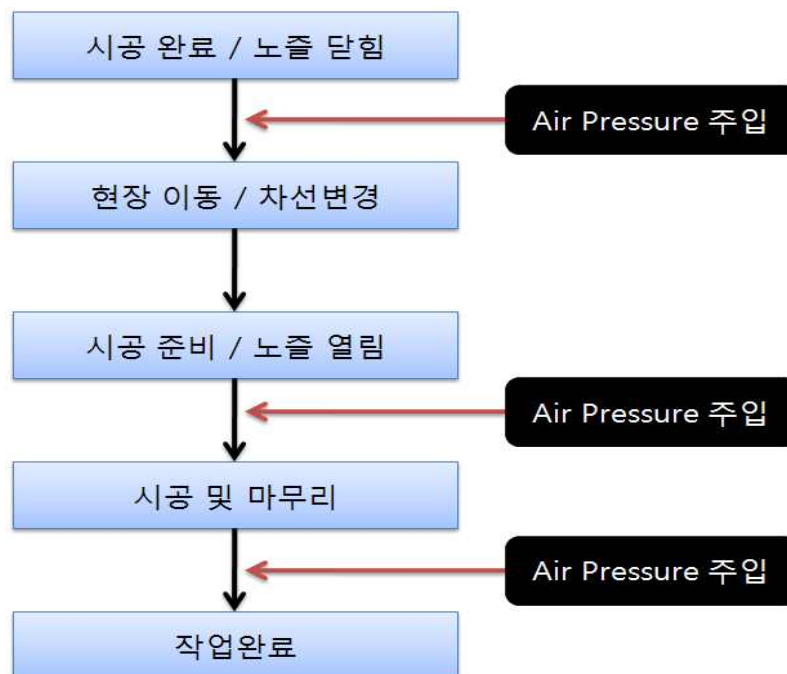
따라서 연구진은 막힘 현상을 최소화하며 균일하고 고른 분포로 살포할 수 있는 노즐을 적용하기 위하여, 시중에 유통 중인 고압노즐에 대한 비교 테스트를 실시하여 본 공법에 적합한 노즐을 채택하였다. 앞서 언급한 바와 같이 국내에는 유제를 사용하기 위한 노즐이 다양하게 유통되지 않기 때문에 막힘 방지, 균질 살포, 적정량 시공 및 세척의 용이함 등을 만족할 수 있는 종류의 노즐들을 조사하여 비교, 분석하였다. 다음의 표는 국내에서 유통되고 있는 각종 노즐의 형태를 조사한 것이다.

〈표 3.1〉 국내에서 유통되고 있는 노즐 형식

노즐종류	분사형식	특징
		• 균일한 SPRAY와 고른 분포도를 갖는 중공원형 분사패턴. • 분해가능한 BODY와 CAP으로 구성 • 막힘방지를 위한 BODY 와류식 TYPE • 200 ~ 5,000 μ 입자경 • 강한 내구성.
HOLLOW CONE NOZZLE	중공원형분사	
		• 높은 유량과 분사각도의 다양성 • 고유의 나선형 노즐 • 높은 에너지 효율 • 막힘이 없음 • 빠른 유출
FULL CONE NOZZLE	원형분사(중공원형분사)	
		• 편평한 부채꼴형 SPRAY 단일체 구조 • 단일체로 막힘을 최소화 • 균일한 분사밀도 높은 충격효율 • 중첩 SPRAY 가능하게 테이퍼(TAPER) 상태설계
VEE JET NOZZLE	부채꼴형분사	• 균일한 분사밀도 • 200-7,000 μ의 입자경
		• 충격력이 작은 평향형태의 부채꼴 스프레이 • 강한 내구성 • 저압에도 효과적인 넓은 각도 • 막힘없는 단일한 구조
편향식 NOZZLE	광각 부채꼴형분사	

위의 표에서 제시한 노즐들은 대부분이 점성이 낮은 재료를 사용하는 세척용 또는 도로 분사용으로 사용되는 제품들이다. 본 연구진은 위의 노즐 타입별로 비교시험을 통하여 ‘HOLLOW CONE NOZZLE’ 과 ‘FULL CONE NOZZLE’ 이 장비의 제작에 적합한 것으로 1차 결정을 하였다. 하지만 ‘FULL CONE NOZZLE’ 의 경우는 분사 방식에는 문제가 없었지만 단위 시간 당 토출되는 유제량이 많아서 본 연구진이 목표로 하는 적정량을 시공하기가 다소 어려웠다. 따라서 최종적으로 막힘이 적고, 균질하며, 강한 내구성 확보가 가능한 HOLLOW CONE NOZZLE타입을 선택하였다. 선택된 노즐은 비점성 액체의 분사노즐로, 점성이 강한 유제분사에 적합하도록 유제 투입구와 배출구를 개량하였다.

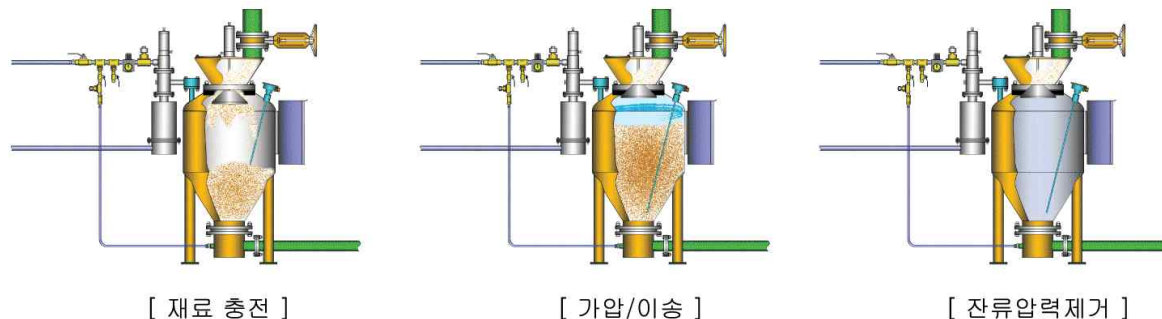
또한 시공 중에 차선 변경 등의 이유로 일정시간동안 장비의 작동이 중단될 경우에 노즐에 잔류하는 유제가 굳어서 막히는 현상을 방지할 수 있도록 강한 공기압을 이용한 노즐 세척시스템을 추가로 고안하였다. 아스팔트 유제는 외부에 노출되는 면에서부터 고형화되기 시작하기 때문에 장비 내부의 배관이나 탱크 등에서는 전혀 문제가 없다. 하지만 시공이 끝난 직후나 현장 상황에 의해 잠시 시공을 중지해야 하는 경우에는 노즐의 끝단에서 고형화 되어 결국 노즐을 막아버릴 수 있다. 이런 문제점을 해결하기 위해 본 연구진은 시공 직전, 후에 고압의 공기압을 이용하여 노즐부를 청소할 수 있는 장치를 장착하였으며, 그 작동순서는 다음과 같다.



<그림 3.6> Air Pressure를 이용한 노즐 세척 순서

(2) 살포부 설계

본 장비의 개발은 포그셀과 샌드셀 공법이 모두 시공 가능한 장비를 개발하는 것으로 유제를 살포하는 장비 이외에 규사살포를 위한 장비가 추가 되어야한다. 샌드셀 공법은 노후된 일반 밀입도 아스팔트의 유지보수에 적용되는데, 차량의 미끄럼 저항성을 높여주기 위하여 유제살포면 위에 추가적으로 규사를 살포하여 시공하는 공법이다. 주행하는 차량의 미끄럼 저항성을 향상시키기 위해서는 실내 시험을 통해 결정된 적정량의 규사가 균일하고 고르게 분사될 수 있는 살포기가 추가적으로 장착 되어야 한다. 본 연구진은 규사 살포부의 분사방식에 대해서 여러 가지 방법을 고안하여 검토하였으며, 초기 계획단계에서 분체이송장치를 적용하기 위한 검토를 실시하였다.



<그림 3.7> 기존 분체이송 분사장치의 기본 원리

분체 이송방식에는 분말이송장비에 주로 사용되는 스크류 방식과 모터방식(압송식), 에어식 분체이송 방식 등이 있다. 스크류 방식과 모터 방식은 분말이 작업현장에 날리는 문제점과 청소의 어려움, 장비 크기에 따른 부피의 제한, 많은 부속품 탑재로 주기적인 보수가 수시로 이루어져야 하는 문제가 발생하지만 에어식 분체 이송기는 이런 문제점을 보완한 방식이다. 분체이송 방식의 일반적인 특징은 다음과 같다.

극소량의 압축공기를 사용하므로 집진 및 이송배관의 축소가 가능하여 설치 및 운용면에서도 경제적이다.

저속수송이므로 깨지기 쉬운 분립체, 마모성 분립체 Coated분립체 및 대점성 분립체에 최적이다.

Plug식 이송이므로 혼합물의 분리가 없다.

Aerating Sieve Unit를 통한 유동화, 활성화의 극대화로 초미분 및 습성분리체의 이송이 가능하다.

역 Cone Vessel이므로 수송기 내부의 부착 및 브릿지 현상 없이 완전 수송이 가능하다.

분체 이송방식은 공기에너지를 이용하여 분립체를 이송하는 방식으로 고압 압송식 또는 저속 수송식이라고 한다. 그러나 여기서 말하는 분체라 함은 입경이 $20\mu m$ 정도의 아주 작은 형태다. 본 공법에 사용되는 규사(5호사)의 경우 최대 입경이 $850\mu m$ 정도로 분체이송방식을 적용이 불가능하였다.

추가로 검토한 방식은 겨울철 지면에 쌓인 눈을 제거하거나 미끄럼 방지를 위하여 제설제를 살포하는 살포기 대하여 적용성을 검토하였다. 본 장비는 다음 그림과 같이 제설제 저장 탱크를 차량에 탑재하고 이동하면서 살포하는 방식으로, 본 장비의 구성에 적용하여도 적합할 것으로 예상되었다.



〈그림 3.8〉 제설용 차량에 탑재된 제설제 살포기

제설제의 살포는 차량의 호퍼에 저장된 제설제를 이송장치인 콘베이어를 통하여 살포장치인 스프레이더로 이동하여 살포하는 방식이다. 스프레이더는 제설제를 살포하는 회전 장치로, 다음 그림과 같은 방식으로 제설제를 뿌려주는 장치이다.



〈그림 3.9〉 스프레이더 살포 방법

제설제 살포장치가 제작되는 장비에 적용 가능 여부를 판단하기 위하여 규사의 시험테스트를 실시하였다. 제설제 살포기는 고체상태의 염화칼슘 입자를 살포하는 방식으로, 본 공법의 규사 역시 원활한 살포가 가능 하였다. 하지만 이송장치인 콘베이어에 의해 이송되는 양이 일정하지 않아 균질한 시공에 어려움이 있었다. 또한 살포장비인 스프레이더에서 규사가 튀어 오르거나 밀려서 살포되면서 특정한 영역으로는 분산되지 않는 문제점을 발견할 수 있었다.

따라서 연구진은 기본적으로 본 장치를 적용하는 것으로 결정하였으나, 일부 문제점에 대해서는 보완을 실시하였다. 균질한 시공이 가능할 수 있도록 이송장치인 콘베이어 부분과 살포 장치인 스프레이더를 개선하고, 시공 면적을 고려하여 살포기의 수량을 조정하였다. 보완사항 및 제작에 관한 자세한 내용은 규사 이송부 부분과 살포부 부분에서 설명하였다.

다. 부분별 장비 제작

(1) 제어부 제작

제어부는 장비차량의 운전석 내부에 장착되는 메인제어부와 차량외부에 설치되는 제어부로 구분되며, 유선 컨트롤 장치를 사용하여 운전자가 차량 주행과 동시에 장비를 간단하게 조작이 가능 하도록 제작되었다. 제어부 내부에는 장비 작동 시에 각 세부 항목별로 연동이 가능하도록 타이밍 센서가 설치되어 있어 유제와 규사의 살포 과정에 대한 일률적인 제어가 가능하도록 하였다.

제어부는 운전자가 직접 차량을 주행하면서 조작해야하기 때문에 작동 버튼의 배열 및 조작이 운전자 중심으로 설계되어야 한다. 또한 운전자의 착오로 인해 문제가 발생할 경우, 긴급 정지가 가능하도록 하여야 하며, 현재의 작동순서를 한눈에 확인 할 수 있도록 식별 시스템이 탑재되어야 한다. 아래의 그림은 본 장비에 탑재되는 제어부의 내부 작업 과정으로, 내부에 설치되는 각종 타이밍 센서 및 배선 부분의 작업을 통하여 원활한 장비의 구동을 구현하도록 하였다. 제작된 제어기는 장비에 탑재하여 테스트를 실시하였으며, 장비 구성품목들의 연동 작업시 발생할 수 있는 타이밍 오차에 의한 문제점을 확인 하여 정확한 구동이 가능하도록 보안을 실시하였다.



〈그림 3.10〉 장비 제어부 제작 및 배선

이외에 장비 세부항목들의 작업전후 구동을 위한 수동컨트롤러를 장비 외부에 설치하였다. 이는 장비의 작업환경에 따른 노즐부 및 규사탱크 등의 위치조정을 위한 것으로, 장비의 이동이 수월하도록 하기위하여 고안하였다. 컨트롤러의 작동은 유압을 통하여 이루어지며, 작동시 작업자가 장비이동 상태 및 위치 등의 확인하기위하여 장비의 후미에 설치하였다.



<그림 3.11> 장비 외부의 수동 조작 레버

(2) 동력부 제작

동력부는 장비의 구동에 필요한 에너지를 생산해주는 부분으로 엔진, 유압펌프, 유압컨트롤러 순으로 구성하였다. 엔진 및 유압펌프의 구성 및 설치는 1차년도 과업기간에 완료된 상태이며, 2차년도 과업기간에는 유압을 사용하여 작동하는 세부항목들에 적정 유압의 분배를 위한 유압컨트롤러 제작 및 설치를 실시하였다. 유압컨트롤러를 포함한 동력부의 제작내용 및 특징은 다음과 같다.

(가) 엔진

엔진은 장비에 필요한 모든 동력을 생산하는 중추적인 부분으로 원활한 동력전달을 위하여 충분한 출력량이 요구되어진다. 따라서 본 연구진은 가솔린엔진보다 값싼 중유·경유 등의 연료를 사용하는 디젤엔진의 적용을 검토 하였다. 디젤엔진은 연료 소비량이 적으

므로 연료비의 부담이 적으며, 기동도 쉬워서 내연기관 중에서 가장 널리 사용되고 있다. 디젤엔진은 경유 또는 중유를 연료로 압축·점화에 따라 작동하는 왕복운동형 내연기관으로 디젤기관 압축 점화기관이라고도 한다. 먼저 실린더 안에 공기를 흡입·압축해서 고온·고압으로 유지하고, 여기에 액체연료를 분사하여 자연 발화시킨 다음 피스톤을 작동시킴으로써 동력을 얻는 방식이다.

본 장비에 사용될 엔진은 국내 기업에서 생산된 장비이며, 6기통 디젤엔진으로 평균 130마력, 최대 143마력의 동력 생산이 가능하다.



<그림 3.12> 본 장비에 장착된 엔진 전경

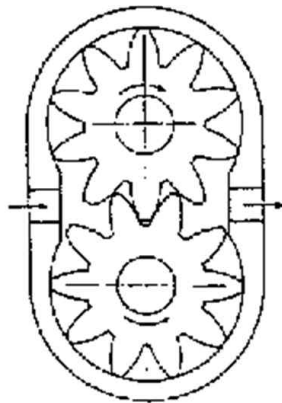
(나) 유압펌프

유압펌프는 엔진에서 발생한 기계적인 동력을 유압에너지로 전환하여 주는 장치로 다음과 같이 형식에 따라 크게 4가지 종류로 구분된다.

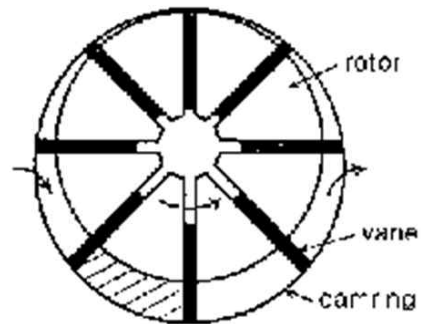
- 기어펌프(gear pump) : 케이싱내의 상호 물림을 하고 있는 기어의 회전에 의하여, 이의 홈에 들어온 유압유를 토출하는 방식
- 베인펌프(vane pump) : 케이싱(캠링)내의 로터가 회전함에 따라 2개의 베인사이에 들어온 유압유 토출하는 방식
- 엑시얼 피스톤 펌프(axial piston pump) : 축방향으로 배치되어진 여러개의 피스톤을 왕복 운동시켜 유압유를 토출하는 방식

·레이디얼 피스톤 펌프(radial piston pump) : 반경방향으로 배치된 여러개의 피스톤을 왕복 운동시켜 유압유를 배출하는 방식

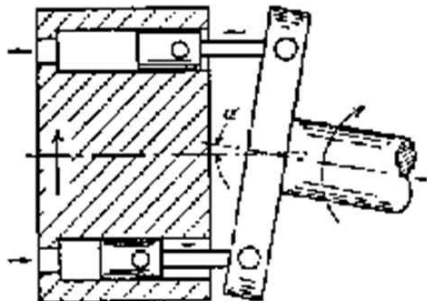
이외에도 2~3개의 나사가 물려있는 기구에 의하여 유압유를 송출시키는 방식의 나사펌프(screw pump)와 크랭크형 또는 캠형의 왕복동 펌프가 있다.



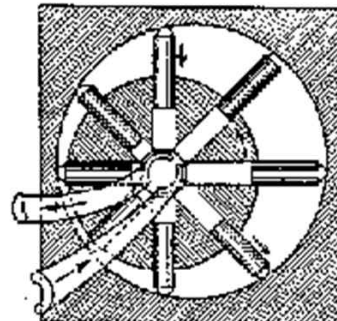
기어펌프 형식



배인펌프 형식



에셜 피스톤 펌프



레이디얼 피스톤 펌프

<그림 3.13> 유압 펌프 형식

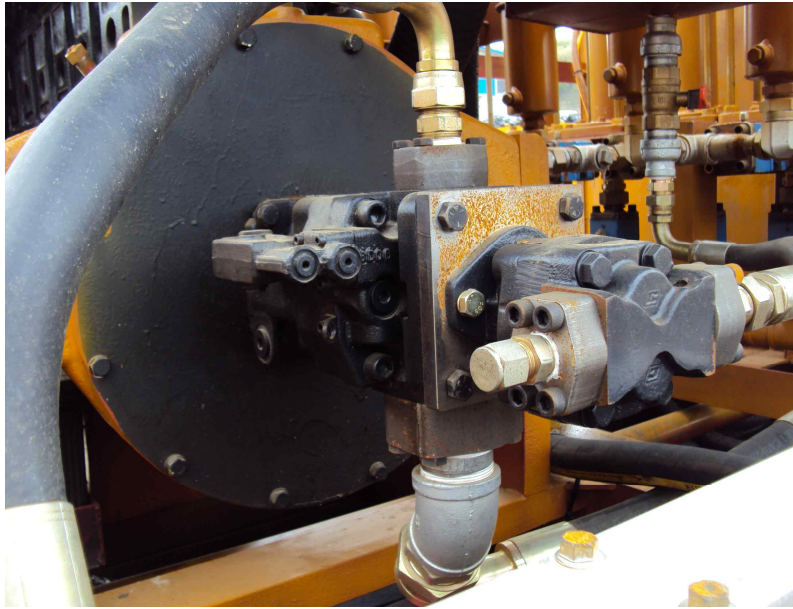
〈표 3.2〉 유압 펌프 형식별 비교표

펌프 종류	1회전당 토출량 (cc/rev)	최고압력 (kgf/cm^2)	최고회전속도 (RPM)	작업효율 (%)
기어 펌프 (gear pump)	1~500	5~300	900~4000	65~90
베인 펌프 (vane pump)	1~350	1200~3000	35~400	70~90
액시얼 피스톤 펌프 (axial piston pump)	10~1000	210~560	750~3600	85~95
레이디얼 피스톤 펌프 (radial piston pump)	6~500	140~250	1000~1800	85~90

본 장비에 사용된 펌프는 비교적 높은 압력의 출력이 가능하며, 작업효율이 뛰어난 액시얼 피스톤 펌프를 사용하였다. 본 펌프는 약 750 ~ 3,600RPM의 회전력을 발휘하며 1회전당 약 10 ~ 1,000cc의 유압유를 고압으로 전환이 가능하다. 펌프에서 발생된 유압은 유압 컨트롤러로 전달되어 유압을 필요로 하는 장비로 전달되게 된다. 펌프는 컨트롤러에 장착된 유압 컨트롤 센서에 의해 일정 압력을 넘거나 떨어졌을 경우 자동으로 펌프가 가동 또는 중지될 수 있는 시스템으로 구성하였다.



〈그림 3.14〉 유압펌프



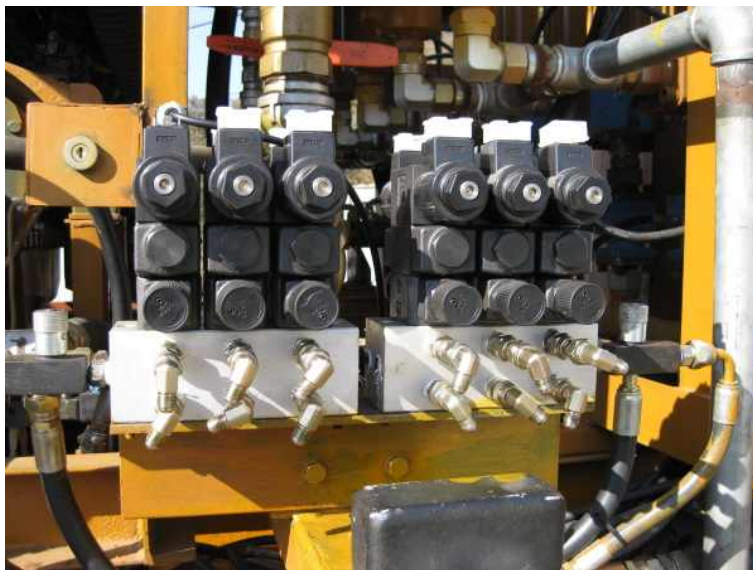
〈그림 3.15〉 유압펌프 설치 전경

(다) 유압컨트롤러

유압 컨트롤러는 유압펌프로부터 받은 유압을 장비 각 세세부별 필요한 양만큼 분배해주는 장치로써, 유압을 필요로 하는 주요 장치들의 용량을 고려하여 적정유압의 공급이 가능하도록 제작하였다. 다음 사진은 본 장비에 설치된 유압컨트롤러로 요구되는 유압의 용량을 설정하여주면 장비의 구동시 일정한 유압이 지속적으로 유지될 수 있도록 컨트롤해주는 역할을 한다. 유압조절 센서는 각 장비별로 필요한 유압이 소요유압이하로 떨어질 경우 자동적인 공급이 가능하도록 컨트롤러의 개폐를 조절하여준다.



<그림 3.16> 유압 컨트롤러 외관



<그림 3.17> 유압 컨트롤러 장착 모습

(3) 저장부

저장부는 유제 탱크, 규사탱크로 구성되어 있다. 탱크의 재료는 SS-41 합금 철판을 사용하여 장비 전체적인 구성과 배치 위치에 맞도록 제작하였다.

(가) 유제 탱크

유제 탱크는 구동부 엔진에서 발생하는 열에 의한 영향을 고려하여 장비의 가장 안쪽에

배치하였으며, 약 2톤가량의 유제와 1톤가량의 물을 저장 가능하도록 제작되었다. 본 공법의 개질 유화 아스팔트는 특성상 고형분이 함유되어 있기 때문에 탱크 내에 장시간 보관할 경우 고형분이 유화수와 분리되는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 유제 탱크 내부에 교반기를 설치하여 유제의 지속적인 교반을 통해 최적의 재료상태가 유지될 수 있도록 하였다. 또한 작업이 진행되지 않을 경우 탱크 내에 장시간 유제가 잔류할 경우 유제가 응고되는 현상이 발생될 수 있다. 따라서 작업이 완료된 후에는 탱크에 잔류하는 유제를 배출하여줄 수 있도록 하기 위하여 탱크 하부에 별도의 배출구를 설치하였다.



<그림 3.18> 유제탱크 전경



<그림 3.19> 유제 교반기

(나) 규사탱크

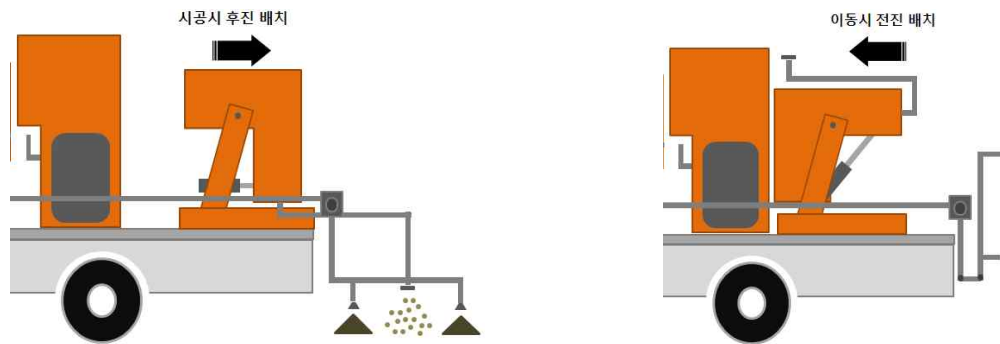
규사탱크의 내부는 V형 호퍼 구조로 제작하여 규사의 자연스러운 흐름을 유도하였으며, 규사가 습도 등에 의한 영향을 받지 않도록 고무 패킹을 설치하는 등의 방습 설계를 적용하였다. 탱크 하부에는 레일과 유압 실린더가 장착되어있다. 이는 아래 그림과 같이 시공 시에는 뒤로 이동하여 규사를 살포하도록 하여 규사의 이송 및 시공을 용이하게 하며, 장비가 이동 할 때는 안쪽으로 이동 배치함으로써 차량의 전체 길이를 줄여 이동이 용이하도록 고안하였다.



〈그림 3.20〉 규사탱크 전경



〈그림 3.21〉 규사탱크 이동 및 저장



〈그림 3.22〉 규사탱크의 작업 상태별 위치변화

(4) 이송부(유제 및 규사)

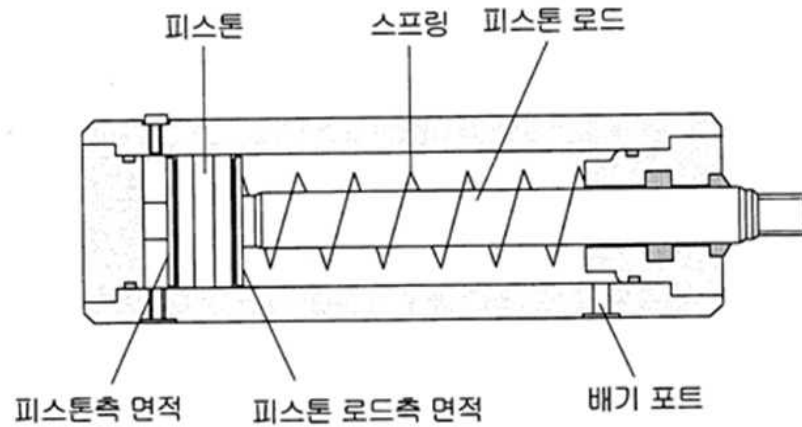
이송부는 크게 유제를 노즐부까지 이송해주는 유제이송부와 규사를 살포부까지 이송해주는 규사이송부로 구분된다. 본 공법에 사용되는 주재료인 유제와 규사를 이송해주는 부분으로 두 재료의 성질을 고려하여 최적의 이송이 가능하도록 설계하여 제작하였다. 각 항목별 제작내용 및 특징은 다음과 같다.

(가) 유제 이송부

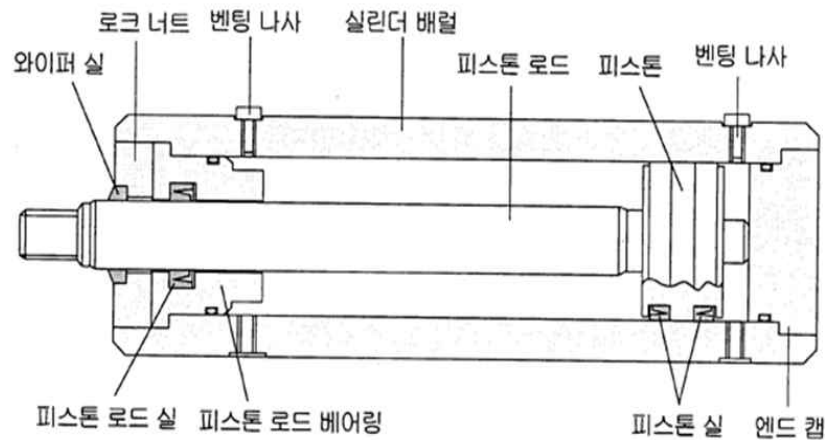
유제 이송부는 유제를 고압으로 전환하여 노즐부까지 전달해주는 라인으로 고압에 견딜 수 있는 구조 및 재질로 제작되었다. 세부 항목들로는 유제에 일정한 압력을 가해주는 실린더, 유압 보충용 아큐물레이터, 고압 배관 및 밸브 등으로 구성하였으며, 각 항목별로 제작 사항 및 특징은 다음과 같다.

① 유압 실린더

유압 실린더는 유압에너지를 기계적 에너지로 변환시켜서 선형운동을 하는 유압요소로서 압력과 유량을 제어하여 추력과 속도를 조절할 수 있는 장치로 단동 실린더(single acting cylinder)와 복동 실린더(double acting cylinder)로 구분 된다. 단동 실린더는 피스톤측 면적으로만 유압이 작용하므로 부하에 대하여 한 방향으로만 일을 할 수 있는 반면, 복동 실린더의 경우 피스톤 양측에 압력이 가해져서 양쪽 방향으로 작업이 가능하다.



〈그림 3.23〉 단동 실린더 구조

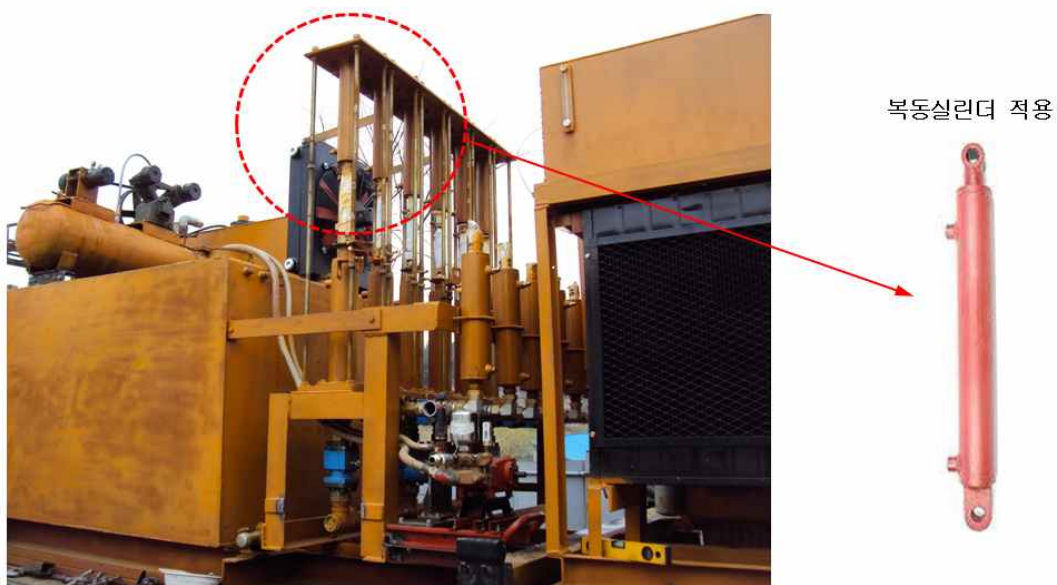


〈그림 3.24〉 복동 실린더 구조

〈표 3.3〉 단동 실린더와 복동 실린더 비교

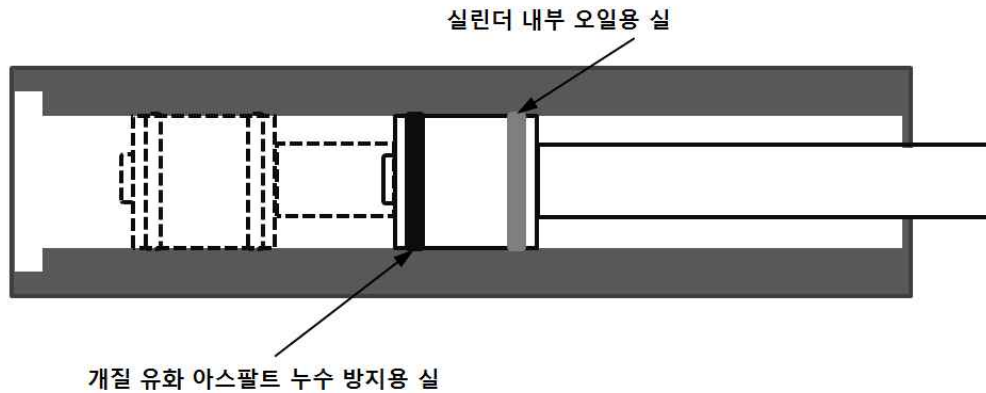
구분	단동 실린더 (single acting cylinder)	복동 실린더 (double acting cylinder)
형식	스프링 리턴식	유압 리턴식
스트로크(mm)	50~200	150~300
용량(ton)	5~100	5~1000
사용압력(bar)	700	700
특징	모든 목적에 다용도로 사용 가능	- 속도가 요구되는 빠른 작업에 적용 - 과부하에 대한 안전밸브 기본 장착

실린더 형식은 장비의 적용방식과 노즐이 막혀 발생할 수 있는 과부하에 대한 실린더의 안전 등을 고려하여 아래 그림과 같은 복동식 실린더를 사용하였다. 총 6개의 유압 실린더가 설치되었으며, 3개의 실린더가 한 셋트를 이루어 연동 작동하도록 설계하여 제작하였다.



<그림 3.25> 유제 실린더 전경

유제 실린더의 피스톤 실(Seal) 부분은 개질 유화 아스팔트의 점성에 의한 부착현상을 방지하기 위하여 다음 그림과 같이 보완하여 제작되었다. 일반적으로 실린더의 피스톤 실의 경우 고무재질의 실이 주로 사용되는데, 본 실린더에는 유제의 점성과 압력 등을 고려하여 고내구성의 압축 실을 사용하였다. 피스톤 상부의 실은 압축 공정 시에 유제가 세어나가는 것을 방지하고, 하부의 실은 배기 공정 시에 실린더 내부 벽의 오일을 긁어 내리는 역할을 하여 피스톤의 원활한 왕복운동 이루어질 수 있도록 하였다.



〈그림 3.26〉 실린더 내부 실 처리

아래의 그림은 유제 실린더에 설치된 근접센서로 실린더의 피스톤이 작동될 경우 피스톤의 움직임을 감지하여 다음공정으로 자연스럽게 이어지도록 한다.

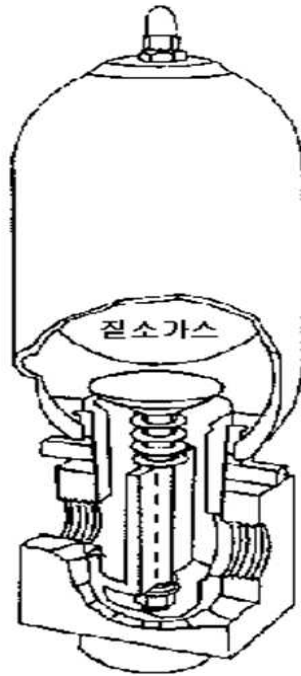
본 장비에 설치된 근접센서는 총 6개의 실린더의 피스톤 상·하부에 2개가 설치되어 있다. 상부의 근접센서는 피스톤이 적정상부까지 위치하는 순간을 감지하여 피스톤의 작업 방향을 전환하여 하부로 진행하도록 하여주며, 하부의 근접센서는 적정하부에 피스톤이 위치하는 순간을 감지하여 피스톤의 작업방향을 전환하여 준다. 이는 피스톤의 왕복작업 시 오작동 등에 의한 실린더 내부의 과압발생 및 피스톤의 이상 작동을 방지할 수 있다.



〈그림 3.27〉 실린더 피스톤의 오작동 방지를 위한 근접센서

② 유압 보조 실린더(아큐물레이터)

어큐물레이터라 불리는 이 장비는 유압실린더에서 발생한 유압력을 저장하는 유압기기이다. 압력 에너지를 항상 보존하고 있다가 미량의 유압유가 누설되는 경우를 대비하여 압력이 저하되지 않도록 압력유를 보충하거나, 충격적으로 발생하는 압력을 흡수하기도 하며, 때로는 펌프를 대신하여 긴급 상황 시 단시간에 보조압력을 제공하는 안전장치로서의 역할도 수행한다. 종류로는 스프링식, 하중식, 가스식 등이 있으며, 국내에서는 질소 가스를 주입하여 사용하는 가스식을 주로 사용하고 있다.

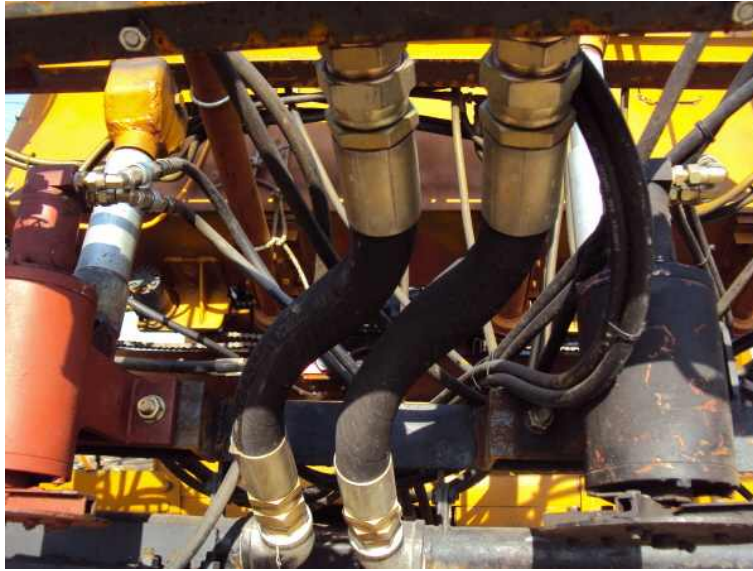


〈그림 3.28〉 질산가스식 아큐물레이터

가스식은 위 그림과 같이 실린더 내부에 주입된 질산가스의 팽창력을 이용하여 유압력을 얻는 형식으로, 본 연구진은 질소가스를 대신해 일반 Air compressor에 발생하는 공기압을 적용하였다. Air compressor에서 발생한 공기압을 기압 조절기를 사용하여 보조 실린더 내에 일정 압으로 주입해 줌으로써 유제압이 발생하도록 하였다. 본 장비에는 총 6개의 실린더에 대하여 각기 한 개씩의 아큐물레이터를 설치하였으며, 실린더의 흡입, 압축, 배출 공정 시에 미세하게 발생할 수 있는 유압의 저하를 방지하여 일정한 압으로 유제가 분사 될 수 있도록 하였다.

③ 배관 및 밸브

유제의 배관은 유제 실린더에서 발생한 고압의 유제를 보관 및 이송하기 위해서 고압용 유압호스를 사용하여 제작하였다. 배관은 실린더에서 차량의 좌우 두 곳으로 나뉘어져 노즐부까지 연결되며, 노즐과의 연결부에는 제어부와 연결된 밸브가 설치되어 있어 유제의 공급을 자동으로 제어가 가능하도록 하였다. 유제 배관 내에 잔류하는 유제에 의하여 배관의 막힘현상이 발생하였을 경우 예비배관의 교체 및 내부청소 등의 작업이 쉽게 이루어질 수 있도록 아래의 그림과 같이 주요배관에 커플러를 설치하여 탈부착이 간편하도록 하였다.

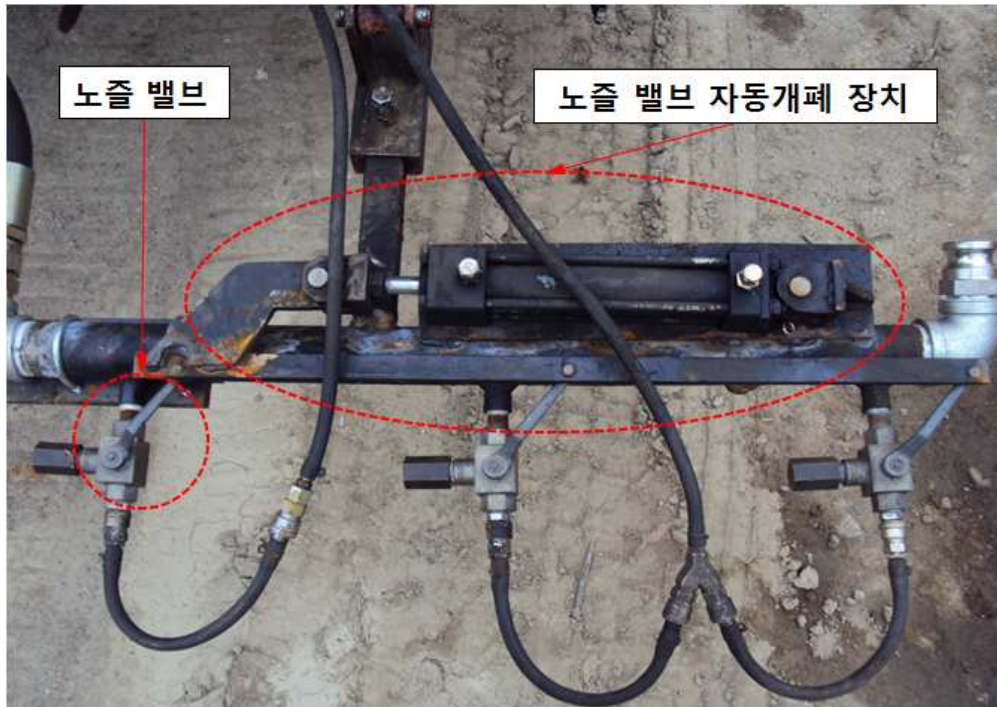


〈그림 3.29〉 배관 커플러 장착 모습



〈그림 3.30〉 배관 커플러

유제 밸브는 노즐수에 맞춰 총 10개의 밸브가 설치되어 있다. 이들 각각의 밸브는 아래 그림과 같이 밸브 자동개폐장치에 의해 작동되며, 좌우측으로 1개의 개폐장치가 설치되어 있다. 자동개폐장치에는 각각 5개씩의 밸브와 연결되어 있어 통합 제어가 가능하다.



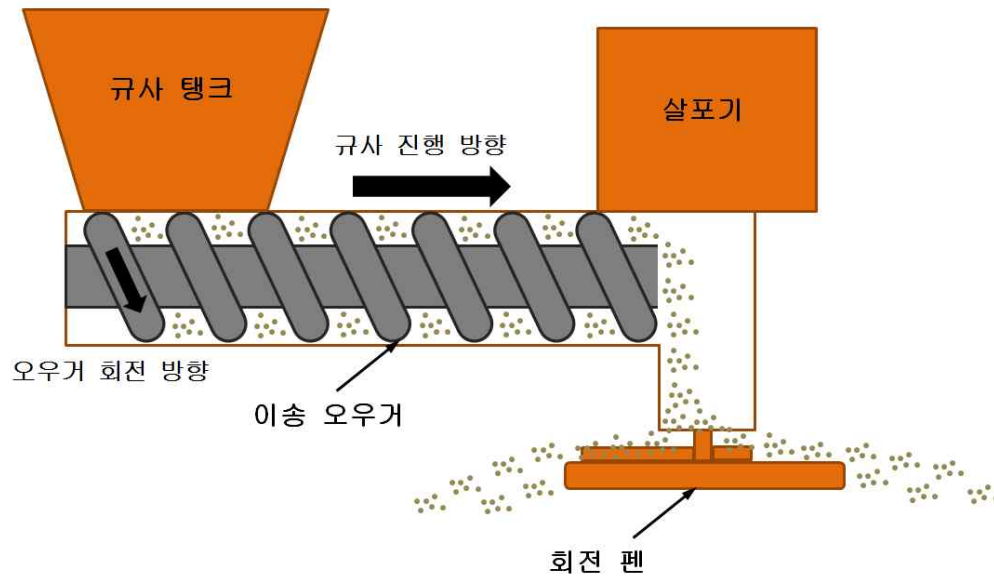
〈그림 3.31〉 노즐밸브 및 자동개폐장치

(나) 규사 이송부

연구 초기에 규사의 이송방법은 분체이송방식인 압축공기에 의한 이송 및 살포를 고안하였었다. 하지만 본 공법에 사용되는 규사의 입자의 크기가 분체이송 방식을 적용하기에는 너무 크기 때문에 적용이 불가능 하였다. 따라서 규사의 이송은 제설제 살포장비의 이송방식을 근거로 하여 제작 방향을 결정 하였다. 제설제 살포장비의 제설제 이송 방식은 컨베이어 벨트를 이용한 방법으로, 적용 가능성을 판단하기 위해 규사를 사용하여 테스트를 실시하였다. 시험결과 호퍼형 저장 탱크에서 자연적인 흐름에 의해서 내려오는 재료의 양이 일정하지 않거나, 컨베이어를 통한 이송 시 진동에 의한 재료의 움직임 등으로 일정한 재료의 공급이 쉽지 않았다.

이후 연구진은 여러 가지 대안들을 확인하던 중 오우거가 설치된 배관을 통하여 이송하는 방안을 검토하였다. 오우거 배관은 다음 그림과 같이 일정한 양의 규사가 삽입될 수 있도록 설계하였으며, 시험제작을 실시하여 검증하였다. 제작된 오우거 배관을 이용하여 시험을 실시한 결과, 기존의 방식에 비하여 안정적이고 일정한 양의 규사 살포가 가능하였다. 규사이송 배관은 규사탱크 하부에 4개가 설치되어 있으며, 각 배관 내부에는 오우거 배관을 설치하여 살포부까지 규사를 전달해주게 된다. 또한 오우거의 회전 속도를 조

절하여 규사의 살포량을 조절할 수 있도록 유압을 연결하여 적절한 회전속도를 유지할 수 있도록 하였다. 규사 이송 오우거의 기본 원리는 다음과 같다.



<그림 3.32> 규사이송 기본 원리



<그림 3.33> 규사이송 오우거 내부

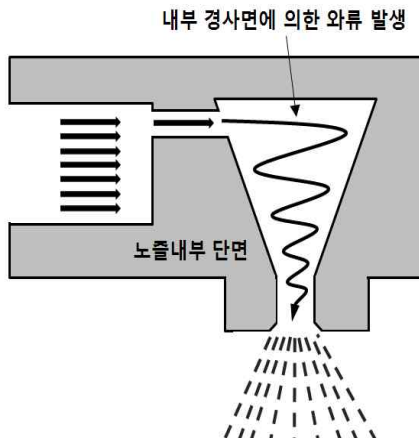


〈그림 3.34〉 오우거의 회전속도 조절을 위한 유압시스템

(5) 노즐 및 살포부

(가) 유제노즐

본 연구진이 개발한 개질 유화 아스팔트는 공기 중에 노출 시 경화 속도가 빨라서 시공 후 신속한 교통개방이 가능하다. 하지만 유제의 경화시간이 빨라 공기와의 접촉이 지속되는 노즐 분사구가 쉽게 막히는 단점이 있다. 따라서 본 연구진은 막힘 현상이 없는 노즐 개발을 위하여 국내에 유통 중인 노즐들의 비교시험을 실시하여, 막힘 현상을 최대한 방지할 수 있는 형태로 제작된 노즐을 선택하였다. 노즐은 그림에서 보는 것과 같이 경사 저부설계를 통해 분사 시 유제의 와류를 유도함으로써 막힘 현상을 방지할 수 있다. 노즐의 기본 분사 원리는 다음과 같다.

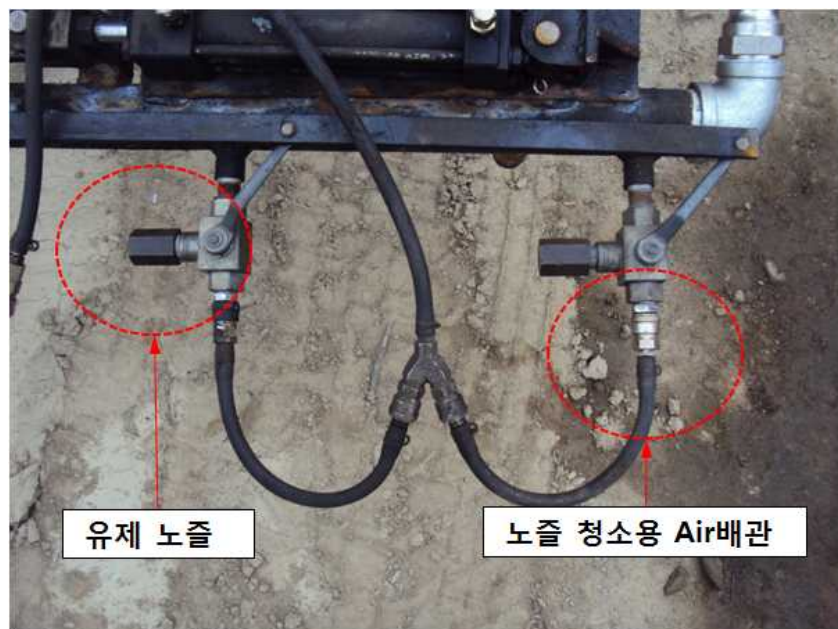


〈그림 3.35〉 노즐의 분사 원리



〈그림 3.36〉 유제 살포용 노즐

또한 장비 가동전후로 노즐부의 세척을 위하여 유제 밸브부분에 Air pressure를 설치하여 유제밸브가 열리기 전과 닫힌 직후에 고압의 공기를 분사하여 노즐부에 잔류하고 있는 유제를 청소할 수 있도록 고안하여 제작하였다. 노즐은 시공 폭 2.5m를 기준으로 총 10개가 일정 간격으로 설치되어 있으며, 부분 시공이 가능 하도록 좌우로 5개씩 구분되어 별도로 작동하도록 설계하였다.



〈그림 3.37〉 유제 노즐 및 청소용 배관

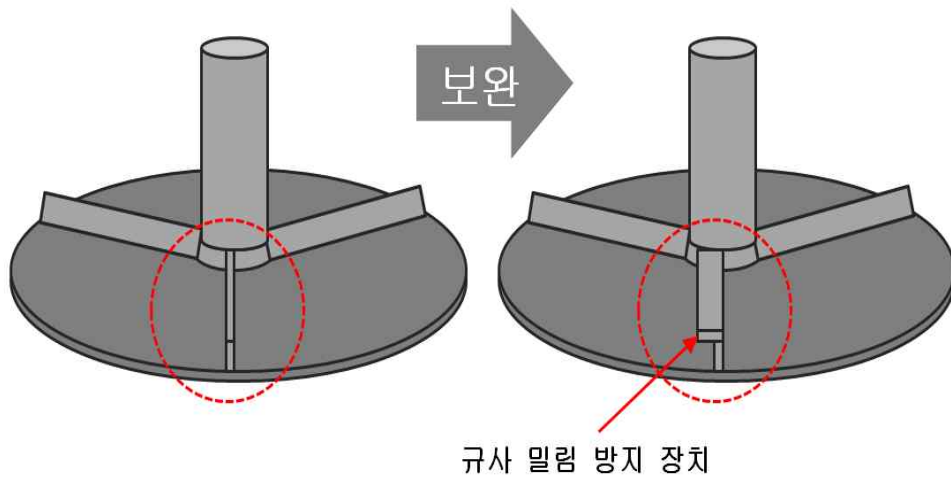


〈그림 3.38〉 노즐부 청소관리를 위한 Air pressure

(나) 규사 살포기

일반 밀입도 아스팔트 포장에 적용할 경우, 표면의 미끄럼 저항성의 확보를 위하여 1차 유제 살포면 위에 규사를 살포하고 다시 2차로 유제를 도포하는 샌드셀 공법을 적용하여야 한다. 규사 살포에 가장 중요한 것은 1차로 도포된 유제면 위에 규사가 뭉치거나 빈 곳이 없도록 고르게 살포하는 것이다. 본 연구진은 여러 가지 방법을 고려하여 시험 테스트를 실시하였으며, 본 공법의 취지와 가장 유사한 장비인 겨울철 제설재 살포차량의 살포기를 보완하여 제작하였다.

제설재 살포기의 Spreader(살포 회전펜)에 의해 규사를 살포해본 결과 규사가 펜의 커버부분 위로 밀려 넘어가거나 튀어 올라 불규칙적으로 비산되어 고른 살포에 다소 어려움이 있었다. 이를 보완하기 위하여 다음 그림에서 보는 것과 같이 살포 회전펜의 커버부분에 규사가 밀리거나 튀어 오르는 것을 방지할 수 있는 캡을 설치하여 일정반경으로 규사가 고르게 살포될 수 있도록 하였다.



<그림 3.39> 규사 살포 회전팬의 보완사항



<그림 3.40> 규사살포기 제작



<그림 3.41> 규사살포기 설치 전경

(6) 스퀴즈 및 스크리드 재질

장비가 노즐과 살포기에 의하여 시공을 실시하고 지나가는 경우 미세 균열 부분의 썰링이 부족하거나 기포가 발생하는 구간에서는 보수 후에도 우수 침투에 의한 파손과 유제의 코팅이 벗겨지는 현상 등이 발생할 수 있다. 따라서 유제 및 규사가 살포된 후에 미세균열의 썰링효과 및 기포제거, 재료의 고른 분포, 노면과의 부착 유도가 이루어질 수 있도록 스크리드를 이용한 스퀴즈 작업이 필요하다.

스크리드를 이용한 스퀴즈 작업 방법은 해외장비의 경우 차량의 진행방향으로 특정한 표면처리 장치를 끌고 가는 방법과 시공면의 좌우 횡방향으로 움직이며 진행하는 형식이 있었다. 본 장비에는 노즐부의 개선 등에 의한 작업 속도를 고려하여 차량의 주행 방향으로 끌고 이동하는 방식을 채택하였다. 스크리드의 사용재료는 다음 그림에 보이는 것처럼 자체적으로 소형의 시험시공을 실시하여 선택하였으며, 공기 중 노출 시 빠른 시간 내에 굳어지는 유제의 재료적 특성과 포장면 굴곡의 영향을 최소화 할 수 있는 방법 등을 고려하였다.



〈그림 3.42〉 스크리드 재료 선택을 위한 비교 시험

앞의 그림에서 보는 바와 같이 스크리드 재료를 결정하기 위해서 고무 재질의 스크리드 판, 마대 걸레, 천 마대, 브러쉬 등을 이용하여 테스트를 실시 하였으며, 시험 결과 살포된 유제를 고르게 펴주고 균열선풐 효과를 극대화 할 수 있는 것은 포장의 굴곡면을 충분히 덮어 줄 수 있는 브러쉬 종류의 재료가 우수한 것으로 나타났다. 또한 규사의 고른 분포를 유도해주는 재료는 고무 재질과 브러쉬 종류의 재질 모두 우수한 것으로 나타났다.

천 마대의 경우 일정 시간이 지나면 유제와 함께 딱딱하게 굳어 지속적인 사용이 어려웠

으며, 플라스틱 브러쉬는 경유에 의한 청소가 가능하였지만 경유 등에 의해 부식될 우려가 있어 최종적으로 와이어 브러쉬를 채택하였다.

스크리드를 포함하고 있는 스퀴즈 장비는 차량의 가장 후미에 위치하며, 현장에서 탈부착이 가능하도록 고안하였다. 장비의 시공 폭은 2.5m로 유제와 규사가 살포된 후 와이어 브러쉬가 설치된 스크리드 장비를 이용하여 포장면의 골재 흠 등에 모여 있을 수 있는 규사 및 유제를 고르게 퍼주는 역할 수행하게 된다. 일정작업이 진행된 경우 와이어 브러쉬 스크리드 장비에 유제가 굳어 작업의 효율이 저하될 수 있는데, 와이어 브러쉬 부분만 손쉽게 탈부착이 가능하도록 설계하여 작업도중 신속하게 교체 및 세척하여 지속적인 작업이 가능하도록 제작할 예정이다. 또한 와이어 브러쉬가 장착될 스퀴즈 프레임은 적정한 하중을 가지도록 제작하여 장비가 이동작업 시에 튼는 현상 방지와 균일한 작업이 가능하도록 고안하였다.

라. 장비 조립 및 완성

포그셀/샌드셀 장비의 세부항목별 제작이 완료되어 최종 장비 조립을 실시하였다. 장비의 조립은 각 항목별 제작사항에 의해 서로 연계되는 부분들이 대부분이기 때문에 항목별로 제작되기 전에 미리 충분한 검토와 협의가 이루어진 뒤 제작되어졌다. 장비의 조립은 크게 저장부, 이송부, 살포부의 3단계로 나뉘어 이루어졌으며, 각각의 위치 및 상태를 고려하여 차량 탑재 및 이동, 주행 등의 영향을 최소화하여 만들어졌다.



〈그림 3.43〉 장비 조립 및 제작 완료

〈표 3.4〉 제작된 장비의 기본 제원

항 목	내용
탑재 차량	5ton 카고
제원 (L×W×H , m)	7.0 × 2.5 × 2.5
장비무게, ton	3.5 ton
전체 무게, ton	8.3 ton

마. 사업화 방안

본 연구개발기술의 사업화를 위해 다양한 조사와 검토가 이루어졌다. 우선 국내외 시장성 및 규모 등을 조사하여 본 기술의 적용가능성을 파악하였고 신규 시장의 개척을 통해 국내 아스팔트 포장 유지관리 시장의 새로운 기술로 자리매김 할 수 있도록 적극적인 검토가 이루어졌다. 다음은 본 기술의 사업화를 위해 조사한 내용이다.

(1) 국외 시장 현황

(가) 미국 시장 현황

미국은 21세기에 돌입하면서 고속도로 네트워크를 최고의 수준으로 유지하기 위하여 그 어느 때 보다도 많은 예산을 준비하고 있으며, 실제 도로관련 실무자들도 도로관련 사업의 목표를 재조정하려는 움직임이 강하다. 즉, 기존 도로망의 확대나 연장보다는 기존 도로의 보존 관리에 더욱 초점을 맞추려고 하는 것이다. 따라서 기존 도로망이 기능을 잘 수행하고, 이는 주행을 더욱 쾌적하게 할 수 있는 상황으로 이어지고, 이러한 순환 고리가 잘 이루어지기 위해서는 도로 수명을 더욱 오래 지속시키려는 노력이 필요하다는 인식 전환이 이루어지고 있는 것이다.

미국은 7만 km에 해당하는 주간(州間) 고속도로를 약 1,290억 달러의 돈을 투자하여 건설하였으며, 또한 6백만 km에 해당하는 도로망을 가지고 있다. 그러나 미국이 이와 같이 도로 사업에 역대 최대 기반 시설 투자를 하였지만, 1997년 미 의회의 조사에 의하면 도시 내 도로의 48.7%, 지방도로의 60%의 도로 포장 상태가 보통에서 불량으로 전환되었음이 판명되었다. 이는 미국 내의 도로가 지속적으로 악화되고 있음을 의미하는 것이다.

지난 10년 동안 미국은 각 주 도로교통국의 규정에 따라서 배분된 기금을 사용하여 각 주간 고속도로에 필요한 제포장, 보수, 제사용 및 재시공 등을 수행해 왔다. 유지보수는 주로 포장 구조의 일부를 교체 또는 덧씌우기를 통하여 포장의 구조적 용량을 더하거나 또는 실코우트, 조인트셀, 크랙셀, 덧씌우기 등을 이용하여 포장기나 포장기층 내로 수분의 침입을 예방하거나 또는 암거 및 배수시설의 보수를 통하여 포장이나 포장 기층 내의 수분을 제거하는 작업을 하거나 또는 프로파일링/절삭을 이용하여 포장 주행성의 복구 등을 행하는 작업들을 진행하였다. 다음의 표는 유지보수 처리 공법 중에서 가장 보편적으로 이용되는 예방적 보수공법을 보여주고 있다.

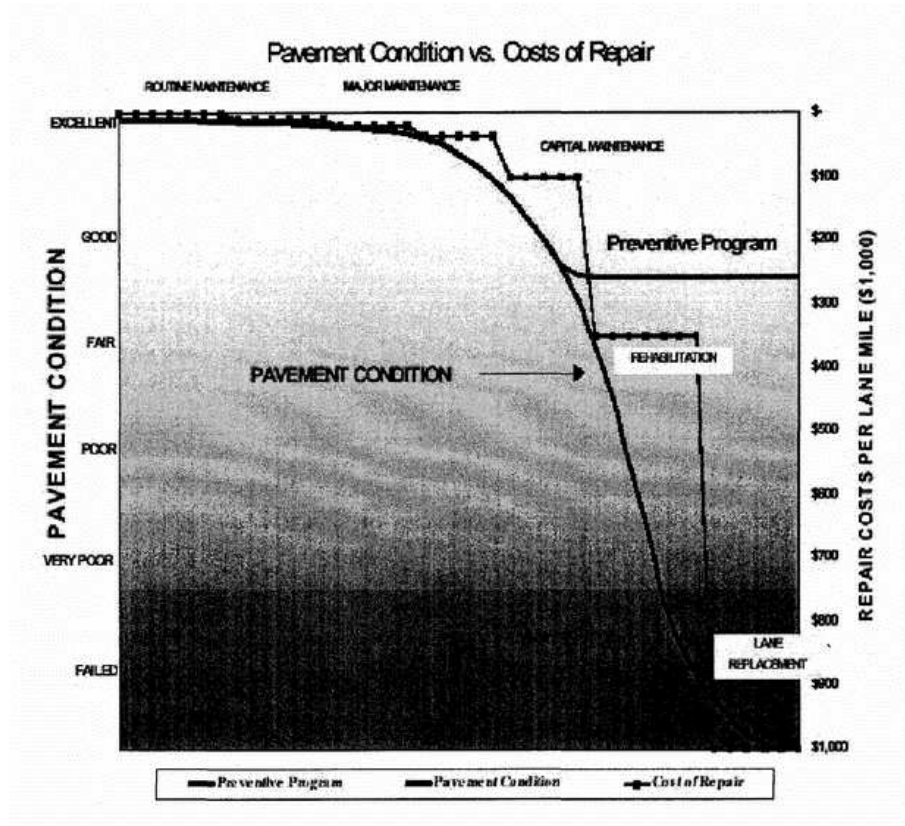
〈표 3.5〉 미국에서 이용하는 예방적 보수공법

처리 공법	상대적 이용 빈도
균열 씰링	★★★★★
포그셀/샌드셀	★★
칩셀	★★★★★
슬러리 셀	★★★★
박층 포장	★★
캡셀	★
박층 및 초박층 HMA	★★★★★

현재 미국에서 예방적 유지보수 프로그램을 가장 성공적으로 현장에 적용하고 있는 주는 뉴욕주, 텍사스주, 캘리포니아주, 조지아주 그리고 미시간주 등을 들 수 있다. 다음은 그 중에서 뉴욕주에서 진행되었던 예방적 유지보수 프로그램을 소개한 것이다.

캘리포니아주 교통국은 고위 관리자들과 CTC가 예방 보수 예산을 증액하도록 움직이는데 크게 기여한 성공 요인 중의 하나로 GIS 지도를 이용한 도로망 상태 디스플레이를 꼽는다. 이 도로지도는 현재의 포장 상태와 향후 예상되는 상태를 한꺼번에 보여줄 수 있도록 작성되었으며, 열화가 심각한 포장 구간은 적색으로 표시했다. 이 지도를 통해, 관리자들은 주간(州間) 고속도로가 단기간만에 적색 상태로 열화되는 것을 한눈에 확인할 수 있었다.

또 다른 성공 요인은 포장의 파단 및 열화 속도에 관한 설명을 통해 포장 보수비용이 체증된다는 점을 전달할 수 있었다는 사실이다. 포장 사용기간이 길어질수록 열화속도가 빨라지고 그에 따라 보수비용도 증가한다는 점을 시각적으로 설명하기 위해 다음과 같은 그래프가 이용되었다. 이 그래프를 교육 자료로 이용함으로써, 포장 상태가 양호할 때 예방적 차원에서 보수하는 것이 열화가 심해질 때까지 방치하는 것보다 훨씬 비용 효율적인 방법임을 시각적으로 설명할 수 있었다. 또 고객만족이나 서비스 수준 향상 같은 예방 보수의 편익도 함께 강조하였다.



〈그림 3.44〉 포장의 상태와 보수비용

이외에도, 예방 보수 프로그램을 활성화하는 데 효과적인 방법을 사용 하였다. 별도의 추가 재원 없이도 예방 보수 프로그램을 시작할 수 있다는 점을 납득시킬 수 있는 방법 중의 하나로 예방 보수 프로그램을 시행 할 경우 주어진 예산을 얼마나 절감할 수 있는지를 입증해 보인 것이다. 이는 예방보수 전략을 통해 처리할 수 있는 포장의 거리를 제시하는 방법으로 입증할 수 있다.

가령, 어떤 기관에서 유지, 관리해야 할 도로망의 총연장이 3,000마일 이라고 하자. 만일 이 기관의 목표가 모든 포장 구간을 15년에 한번 씩 재포장하는 것이라면, 이 기관은 매년 200마일의 포장 구간을 재포장해야 하는 셈이다($3,000\text{마일} \div 15\text{년 주기}$). 이때, 차선 1마일 당 복구비용이 약 35만 달러라고 가정하면 이 프로그램의 비용은 약 7,000만 달러가 된다($200\text{마일} \times \text{마일 당 } 35\text{만 달러}$). 만일, 이 기관이 15년마다 재포장하는 프로그램 대신 예방 보수 프로그램을 적용하여 포장의 열화를 지연 시킬 수 있다면, 재포장 시기를 5년 정도 뒤로 늦출 수 있을 것이다. 그렇게 되면, 이 기관은 매년 200마일의 포장 구간을 재포장하는 대신, 복구 요구를 150마일로 줄일 수 있다 ($3,000\text{마일} \div 20\text{년 주기}$). 이 경우, 복구비용은 5,250만 달러가 된다. 두 프로그램의 비용 차액인 1,750만 달러는 마일 당 평균 보수 원가가 75,000달러인 경우 약 233마일을 예방 보수할 수 있는 금액이다.

포장 관리 시스템을 이용하면 재포장 시기를 15년에서 20년으로 늦추는 데 필요한 적절한 예방 보수프로그램의 규모를 결정할 수 있다.

(나) 유럽 시장 현황

유럽의 경우에는 미국과 같이 예방적 유지보수라는 타이틀을 가진 프로그램을 운영하고 있지는 않지만, 여러 종류의 예방적 유지보수 공법들이 미국보다 먼저 유지 보수에 적용된 경우가 많다. 또한 유럽에서는 전체 시스템을 통합하여 예방 프로그램을 운영하기보다는 부분적으로 다양한 유지보수 공법이 우선되었기 때문에 미국 시스템과 비교할 수 있는 자료 확인에는 다소 어려운 점이 존재한다.

대부분의 기술 중심의 상품은 시장 상황이 기술의 발전 상황과 그 궤도를 같이 하는 경향이 있으며, 유럽의 시장 상황도 그러한 경향을 따른다. 슬러리셀이나 폴리머셀 공법은 유럽에서 먼저 개발되어 사용되어 왔던 공법이다. 슬러리셀은 1920년대에 유럽에서 먼저 공법으로 개발되어 활용되었다. 1970년대 후반 개질 슬러리셀이 개발되어 중차량 도로에 그 사용량이 증가 하였다. 슬러리셀 공법을 가장 많이 애용하고 있는 유럽 국가로는 스페인, 프랑스, 독일 등이 있으며, 유럽에서 가장 최근에 개발된 슬러리셀은 개질 슬러리셀에 합성 섬유를 섞어 사용하는 공법이다.

프랑스는 합성섬유를 혼합한 개립도 혼합물을 사용하는데, 이는 표면의 미끄럼 저항과 내구성을 증진시켜 주는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 사용된 섬유는 유제의 점도를 증가시키고 개립도 혼합물의 분리를 막아주는 역할을 한다.

한편, 스페인의 경우에는 사용 합성섬유의 양이 프랑스의 경우 보다 많은데 프랑스의 경우 골재 중량이 0.1 ~ 0.2% 인 반면에 골재 중량의 0.3 ~ 1.0%를 사용하고 있다. 이러한 변화는 표면의 미끄럼 저항과 표층 균열을 억제하는데 도움이 된다고 판단되기 때문이다.

독일은 1976년에 폴리머 슬러리셀이라는 공법을 소개 하였다. 이는 주요 고속도로의 소성변형 부분을 메우거나 표면을 재처리하는 경우에 많이 사용되고 있다.

영국의 경우에는, “surface dressing”, “surfacing treatment” 및 “thin surfacing” 공법이 사용되고 있다. 이때의 골재는 6mm부터 14mm 까지 다양하게 사용되며, 두께는 10mm ~ 40mm 까지 변화할 수 있다. 이 공법은 칩 셀과 함께 그 사용 빈도가 점점 증대되고 있다.

(2) 국내 시장 현황

국내의 예방적 유지보수 사례는 그다지 흔한 상황이 아니다. 경우에 따라서 부분적으로 균열 썰링이나 슬러리셀과 같은 방법을 사용한 적이 있으나, 미국과 같이 예방적 유지보수 프로그램을 가지고 있거나, 유럽처럼 다양한 예방적 유지 보수 공법을 갖추고 있지 못한 실정이다.



〈그림 3.45〉 포장상태 조사 장비

*자료 : 도로포장관리시스템(안) 최종보고서, 2006, 국토해양부

국내에서 가장 유사한 시스템은 PMS에 의하여 국도의 유지관리가 체계적으로 진행되는 정도이다. 국도 PMS는 전국의 국도를 조사하고 국도 포장 데이터베이스를 구축하여 포장 상태에 따른 유지보수 공법을 결정하여 보수 계획을 수립하는 것이다. 매년 PMS 유지보수 계획에 따라서 국도의 유지보수가 이루어지고 있는데, 이 때 사용되는 유지보수 공법을 살펴보면 덧씌우기 공법(4cm, 5cm, 7cm)이 가장 많이 선택되어 사용되고 있다. 반면에, 예방적 유지보수라고 할 수 있는 표면처리(ST; Surface Treatment)는 덧씌우기에 비하여 아주 미미하게 시행되고 있는 상황이다.

이와 같이 경우에 따라서 표면처리 공법이 사용된 구간은 국도 PMS에 의하여 결정된 것인데, 실제로 도로 포장 상태가 비교적 양호하기 때문에 국도 PMS에 의하여 결정된 덧씌우기 구간에 비하여 보수의 시급성이 떨어지고 이는 보수 시행에 대한 우선순위에서 뒤질 수밖에 없게 된다. 예방적 유지보수 관점에서 보면, 이는 다시 악순환의 고리로 연결되어 예산 집행에 있어서도 순서가 밀리게 되고, 예방적 유지보수 공법인 표면처리는 시행이 늦어질 수밖에 없다. 이러한 상황은 고속도로의 경우에도 크게 다르지 않다.

한편, 지방자치단체에서 예방적 유지보수 공법 중의 하나인 균열 썰링이나 표면처리 공법이 시행된 경우가 가끔씩 나타난다. 그러나 예방적 유지보수 체제를 갖춘 상태에서 실행된 것이 아니라, 대부분의 경우 지방자치단체의 예산 사정상 덧씌우기에 비하여 비용이 저렴하기 때문에 포장 보수에 선택적으로 사용되고 있을 뿐이다. 문제는 이러한 상황이 유지보수 도로 관리 개념을 정반대적인 의미에서 수행하고 있다는 것이다. 즉, 도로의 유지보수는 포장 상태가 악화되어 덧씌우기를 해야 하는 상황에 대처하는 것으로 인식한다는 점이다. 따라서 예산 집행도 예방차원의 집행보다는 시급한 상황에 대한 집행이 우선시 되고 있다.

따라서 아직까지 우리나라는 선진국, 특히 미국에서 시행하고 있는 예방적 유지보수 프로그램에 대한 공감대가 필요하고 도로 PMS에 근거한 자료를 기초로 하여 기존의 유지보수 체계에서 근본적인 예방적 유지관리 체계로 전환하는 예산집행 및 수행이 필요하다.

(가) 신규 시장 개척

본 연구에서 개발하고자 하는 포그셀/샌드셀 공법은 아스팔트 포장의 예방적 유지보수용으로 적용되는 것으로, 국내에서 대부분을 차지하고 있는 일반국도 및 지방도, 시군도 등에 적용하기 위한 개발을 진행하고 있다. 특히 아스팔트 교면포장의 경우 아스팔트 포장 층과 교량의 바닥판과의 사이에 별도의 방수층이 시공되고 있는데, 이러한 방수층 문제로 잦은 파손 및 바닥판 열화가 진행되고 있기 때문에 본 공법을 주기적으로 적용하게 되면 바닥판 열화 및 포장파손을 억제할 수 있다.

최근 연구진이 해외사례 등을 검토하면서 포그셀의 경우 도로포장뿐만 아니라 아스팔트 포장으로 이루어진 주차장등에서도 적용되고 있음을 확인하여, 국내에서도 적용 대상에 대한 검토가 이루어졌다. 해외의 경우, 주로 대형 마트나 사람들이 몰리는 쇼핑몰 등을 중심으로 대형 주차장 등이 건설되어 있으며, 이들은 대부분 아스팔트 포장으로 이루어져 있었다. 주차장의 경우 차가 주행하는 도로에 비해 중요도가 낮기 때문에 특별한 파손이 발생하기 전에 포그셀 등의 표면처리를 적용하여 유지관리를 하고 있는 것으로 나

타났다. 하지만 국내의 경우 미국이나 캐나다, 호주 등과 같이 국토의 면적이 넓지 않기 때문에 대부분의 주차장은 타워식이나 지하주차장으로 되어 있어서 해외에서와 같은 주차장 적용은 어려웠다.

국내에서 90년대 초반부터 추진되어 오던 신도시 건설 및 택지지구 개발 등에 의해 대규모 아파트 단지들이 건설되면서 지상 주차장이나 아파트 진출입 도로, 단지 내 이면도로 등은 대부분 아스팔트 포장으로 시공되어 왔다. 서울, 경기를 중심으로 1대 신도시라고 일컫는 일산, 분당, 평촌, 산본, 중동의 전체 면적만 해도 약 50,000,000㎡이고 가구 수만 해도 약 30만 가구에 이른다. 이와 같이 대단지의 아파트 주차장 및 이면도로의 유지관리시장은 그 잠재력이 무궁무진하다.

하지만 단지 내 포장의 유지관리 시장의 문제점도 없지 않다. 우선 입주자 및 관리자가 느끼는 아파트 단지의 보수 우선순위에서 포장부분은 멀리 있다. 아파트의 유지관리는 대부분 외관 도색, 조경, 기타 단지 내 시설물 유지관리 등에 중점적으로 맞춰져 있기 때문에 주차장이나 도로 포장의 파손부분은 크게 불편하게 생각하지 않는 것이 사실이다. 이러한 문제점은 과연 국내 포그셀/샌드셀 신규 시장으로 단지 내 포장부분이 가능할 것인가 다시한번 생각하게 한다. 하지만 본 연구진은 새로운 시장 개척이라는 시너지를 가져온다고 판단하고 있다.

단지 내 유지보수의 비용적인 측면을 바라보면, 대부분 단지가 속해있는 구청이나 시청 등에서 매년 유지관리비용을 보전해 주고 있는 것으로 나타났다. 나머지 비용은 단지의 입주자들이 매달 납부하는 수선충당금을 사용하게 된다. 하지만 국가에서 지원해 주는 비용의 경우, 그 규모가 적어서 단지 내 포장 파손으로 인해 전면 철삭 덧씌우기를 해야 되는 경우에는 예산 지원이 3~4년씩 걸리는 것으로 나타났다. 이러한 문제는 입주자들로 하여금 주차장 및 단지 내 도로 사용에 불편을 초래하게 되기 때문에 적은 예산으로 주기적인 예방적 유지관리를 통해 입주자들의 민원을 최소화 하는 것이 가장 효율적인 관리라는 것을 시, 구청 담당자 및 단지 관리자, 입주자 등에게 제시할 수 있을 것이다.



〈그림 3.46〉 1기 신도시 현황

(나) 신규 시장의 경제성 분석

단지 내 포장의 유지보수를 위해 포그셀/샌드셀 공법을 적용할 경우, 실제 경제적인 효과는 어느정도 될 것인가에 대해서 본 연구진은 경제성 분석을 실시하였다. 경제성 분석에 사용되는 내용은 기존의 보수방법들과 연구개발된 본 기술, 그리고 통상적으로 단지 내 포장의 보수방법 등을 모두 검토하였다.

일반적으로 단지 내 포장의 보수방법은 획일적인 절삭 덧씌우기이다. 절삭 덧씌우기는 기존에 파손된 아스팔트 포장부분을 걷어내고 새로운 아스팔트 혼합물을 포설하는 방법으로, 일반적인 아스팔트 포장의 보수방법이다. 일반적으로 아스팔트 포장의 구조적인 파손에 다다랐을 경우 보수하는 방법으로 소파보수 및 표면처리보수 등에 비해 많은 비용이 소모된다.



〈그림 3.47〉 일반적인 아스팔트 절삭 덧씌우기

하지만 본 연구를 통해 개발된 포그셀/샌드셀 공법을 적용할 경우, 아스팔트 포장의 소파보수 및 균열보수 등과 함께 적용하게 됨으로써 기존 포장을 그대로 사용하면서 구조적인 문제를 보완해 줄 수 있다. 또한 비용적인 측면에서 효과가 있는 것으로 나타났다. 다음은 기존 보수공법과 신규 보수공법의 시공단가를 나타낸 것이다.

〈표 3.6〉 단지 내 포장 보수공법별 시공 단가

공 종		단위	수량	단가	비고
신규 보수 방법	소파보수	m ²	1	27,028	2010년 물가정보 참조
	균열보수	m		2,299	
	포그셀/샌드셀	m ²		5,962	
기존 보수 방법	절삭 덧씌우기	m ²		33,765	

위의 단가를 적용하여 아파트 1개 단지를 보수한다고 가정하고 개략적인 적용조건은 다음과 같다.



- 아파트 1개 단지의 포장면적 : 약 20,000㎡ 로 가정
- 소파보수의 면적 : 전체 면적의 3%로 설정 (약 600㎡)
- 균열 보수 길이 : 단위 폭에 대한 길이 환산 시, 약 5%로 설정 (약 1,000m)

본 연구진이 실제 분당지역의 아파트 단지 1개를 설정하여 조사한 결과, 아파트 1개 단지에서 아스팔트 포장으로 된 주차장과 이면도로, 접근도로 등의 합계가 대략적으로 약 20,000㎡ 정도인 것으로 나타났다. 또한 아스팔트 소파보수의 경우 일반적인 도로 포장의 파손비율을 고려하여 산정하였을 때 전체 면적의 약 3% 전후인 것으로 조사되었으며, 균열 길이는 단위 폭에 대해서 5% 미만으로 나타났으나, 단지 내 포장인 점을 감안하여 5%로 설정하였다.

시공 단가는 2010년 하반기 물가정보의 내용을 반영하여 산정하였으며 실제 수량을 적용한 결과, 다음의 표와 같이 나타났다. 기존 보수 방법인 절삭 덧씌우기를 획일적으로 적용할 경우, 아파트 1개 단지 내 포장의 보수비용은 약 6억 7천여만원 정도 소요되는 것으로 나타났으나, 본 연구진이 제안하고 개발한 소파보수+균열보수+포그셀을 적용하면 약 1억 4천여만원 정도로, 기존 절삭 덧씌우기 비용의 20%만으로 유지관리가 가능한 것으로 나타났다.

<표 3.7> 단지 내 포장 보수공법별 시공 비용 산정 결과

공 중		단가	단위	수량	시공 비용	비용 합계
신규 보수 방법	소파보수	2,299	㎡	1,000	2,299,000	138,446,800
	균열보수	27,028	m	600	16,216,800	
	포그셀/샌드셀	5,962	㎡	20,000	119,240,000	
기존 보수 방법	절삭 덧씌우기	33,765	㎡	20,000	675,300,000	675,300,000

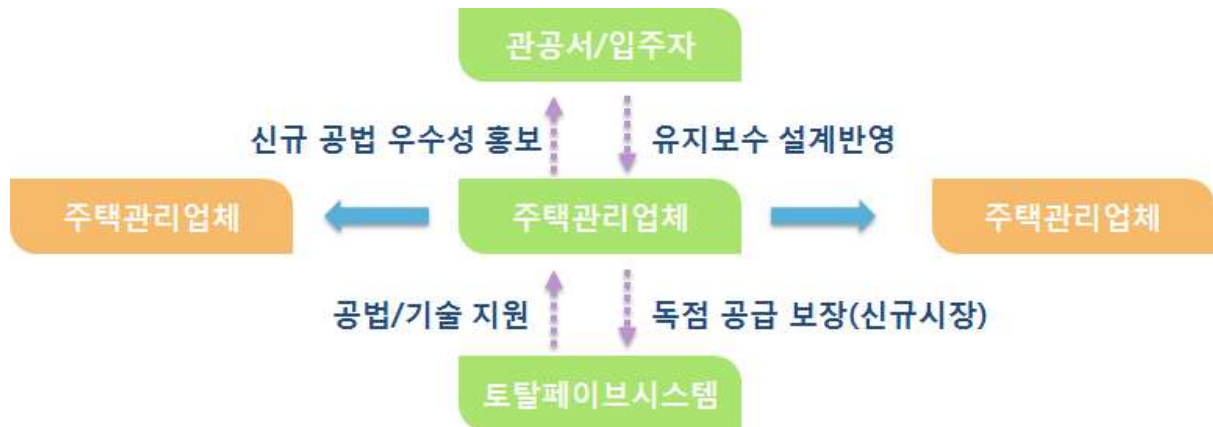
(3) 사업화를 위한 홍보

본 연구개발 기술의 사업화 진행 첫 번째 단계는 단지 내 포장의 유지관리 시장분야로 설정하고 이를 위해 시험시공 진행부분부터 적극적인 홍보 및 공법 설명을 진행하였다. 우선 1기 신도시인 경기도 분당 지역의 단지 내 포장 상태조사를 실시하고 현장 방문 및 탐방 등을 통해 아파트 유지관리의 진행 과정 및 설계 등의 흐름을 조사하였다. 특히 아파트 관리 소장, 입주자 대표, 부녀회장 등 실제 단지 내에서 거주 및 업무를 하고 있는 사람들 위주로 단지 내 포장의 문제점 및 애로사항을 확인할 수 있었다.

특히 분당 지역의 아파트 단지에서는 본 기술의 적용을 위해 시험시공 위치 협조 등의 적극적인 협조가 이루어졌다. 이미 15년 이상의 공용된 아스팔트 포장의 주차장과 진출입 도로 등은 파손 상태가 불량하였으며, 아파트 관리소에서도 이러한 파손에 대해서 간단한 조치를 취하기만 할 뿐 근본적인 대책을 마련하고 있지 못하는 실정이었다. 이러한 문제를 본 연구진이 적은 예산으로 해결할 수 있는 기술에 대해 설명한 결과, 아파트 관리 주체에서도 매우 긍정적으로 검토할 의사를 표명하기도 하였다.

이에 본 연구진은 기술의 우수성을 알리기 위해 별도의 홍보용 브로셔를 제작하여 배포하였으며, 서울, 경기도 지역의 아파트 단지 관리를 전문적으로 수행하는 업체를 조사하여 본 기술의 홍보를 추진하고 있다. 또한 아파트 관리 수행 업체뿐만 아니라 직접적으로 아파트의 유지보수 용역 등을 수주 받아서 진행하는 유지관리 하청업체들과도 미팅을 실시하여 본 공법의 적용성 및 시공성 등을 검토하였으며, 몇몇 업체에서는 본 기술의 시험시공 현장을 직접 방문하여 참관하기도 하였다.

본 사업의 구체적인 사업화 방안에 대한 내용은 다음의 그림에서 보는바와 같다. 기존의 주택관리업체와 협업하여 개발된 기술에 대한 지원 및 공급권한에 대한 협의를 마무리하고 주택관리업체는 관공서 및 입주자로 하여금 본 기술의 우수성을 홍보하여 유지보수 설계가 반영될 수 있도록 영업활동을 진행하며, 이미 관리하고 있는 단지에 대해서는 개발된 기술을 적용할 수 있도록 지속적인 기술영업 및 우수성 홍보 등을 수행할 예정이다.



<그림 3.48> 단지 내 포장의 사업화 추진계획

<표 3.8> 서울, 경기 지역의 아파트 관리업체 순위

순위	업체명	사원수(명)	자본금(천원)	연간매출액(천원)	관리실적				소재지	홈페이지
					총단지수	주요 관리 지역별 세대수	총면적(m ²)	단지입주년도		
1	우리관리(주)	8,199	1,245,400		557	분당코오로폴리스	1,116	2001	서울특별시 송파구 오금동	www.woorihom.com
						화곡대우푸르지오	2,176	2002		
						월계그랑빌	3,003	2001		
						이외 약 80개 단지				
2	서림주택관리(주)	5,336	1,750,000		380	수원한일타운	5,200	1999	서울시 동작구 사당3동	www.seolimhouse.com
						관악드림타운	3,500	2001		
						상계주공7단지	2,600	1988		
						열지사신봉자이	2,000	2004		
						개봉한마을	2,000	1999		
						잠실우성	1,842	1983		
3	한국주택관리(주)	4,000	878,000		300	과천주공6단지	1,262	1983	서울시 서초구 방배동	www.yesvill.com
						개포우성1,2차	1,140			
						목동9,13,18단지	4,100			
						알구정신현대	1,924			
						올림픽해밀라타운	4,494			
						관악산뜨란체	2,810			
4	대원종합관리(주)	7,201			273	방학신동아	3,000		서울시 서초구/ 경기도 안양시	www.dwtm.co.kr
						목동12단지	1,000			
5	서일개발(주)	820	705,000		222		11,454,000		서울시 송파구 방이동	www.seoil21c.co.kr
6	광인산업(주)	47	700,000						서울시 강남구 논현동	www.ikwangin.com
7	쌍림건설산업(주)		1,005,000	39,600,000	177	서울/경기도	109,563	10,455,000	서울시 도봉구 창5동	www.ssanglim.co.kr
8	율산개발(주)	2,837	705,000						경기도 고양시 일산구	www.yul-san.co.kr
9	(주) 무림개발	820			96	아람분당코롤	1,082		경기도 성남시 분당구	www.moolim.net
						성남신용두산	570			
						반포삼호가든	414			
10	경기진흥주택(주)								경기도 수원시 관악구	
11	대한종합개발(주)		705,000		88				서울시 서초구 방배동	www.daehantc.co.kr
12	서광산업개발(주)								경기도 성남시 분당구	



〈그림 3.49〉 사업화를 위한 홍보 브로셔

바. 시험 시공

본 공법에 사용되는 개질 유화 아스팔트의 재료적인 특성 및 현장적용 시의 성능검증을 위한 시험시공을 실시하였다. 시공 장비를 활용한 시험시공이 필요했으나, 장비의 마무리가 이루어지지 않아 인력시공 장비를 활용한 소규모의 시험시공을 계획하여 진행하였다. 본 연구진은 소규모의 시험시공구간 선정에 있어 교통통제의 제약이 적고, 본 공법의 적용에 필요한 아스팔트 구간 확보가 용이한 아파트 단지내 포장을 선택하였다. 단지내 포장의 경우 넓은 면적의 시공구간의 확보가 가능하며, 차량의 통행이 적어 시험시공이 용이할 것으로 판단했다. 따라서 본 연구진은 본사와 인접한 분당지역의 10년 이상된 아파트단지를 검토하여, 시험시공구간을 확보하였다.

시험시공 구간의 선정은 본 공법의 취지에 맞도록 노후되어 균열 및 포장의 파손이 일어난 구간을 우선 선정하였다. 구간선정 및 시험시공에 대한 진행내용은 다음과 같다.

(1) 현장 조사

본 공법의 시험시공을 위하여 분당구내의 10년 이상의 노후된 아파트단지의 포장상태를 조사하였다. 조사결과 나타난 파손의 형태는 아래 그림에 나타난 것과 같이 시공조인트 부분의 균열, 다짐불량 등에 의한 일반 균열 및 거북등 균열이 주로 발생한 상태였다. 또한 일부구간에서는 균열부에 우수침투 등에 의한 추가적인 파손이 이루어져 포트홀 등으로 진행되어 방치된 구간이 있었으며, 표면 노후로화로 인한 골재의 탈리현상이 발생한 구간이 나타났다. 이러한 현상들은 본 공법의 적용구간이 될 아스팔트 도로에서 주로 발생하는 현상들과 동일한 파손으로 본 공법의 적용을 통한 성능 테스트에 적합한 것으로 판단하였다. 다음 그림은 본 연구진이 실시한 분당구의 아파트단지 포장조사에서 나타난 파손현상을 나타낸 것이다.



〈그림 3.50〉 일반 균열



〈그림 3.51〉 거북등 균열



〈그림 3.52〉 포트 홀



〈그림 3.53〉 포면노화 및 골재 탈리

(2) 보수공법 비교

일반적인 아스팔트 포장 파손에 적용되는 보수방법은 파손형태에 따라 균열보수, 소파보수(부분보수), 전면 재시공 등의 형태로 진행된다. 그러나 이러한 보수방법은 보수 후 추가적인 파손이 진행되기 쉬우며, 비용적으로 큰 부담이 되는 실정이다. 따라서 본 공법과 같이 저렴하고 원천적인 파손의 문제를 해결할 수 있는 표면처리 공법 적용이 시급한 실정이다. 다음은 각 보수방법에 대한 내용을 정리한 것이다.

(가) 아스팔트 포장 균열보수

균열 폭이 다소 큰 경우 주입형 고무아스팔트를 사용하여 봉쇄하는 방법으로, 균열 썰링 후 자국이 광범위하게 표면에 노출되어 미관상 불리하므로 포그셀과 함께 적용하는 것이 효과적이다.

(나) 소파보수

포장면에 거북등 균열, 포트 홀 및 골재 탈리가 발생한 구간에 대해서는 파손구간을 걷어낸 후, 상온 유지보수재, 콘크리트 등의 채움재를 채워 줌으로써 포장면의 평탄성을 회복하여 보수하는 방법이다.

(다) 표면처리 (포그셀/샌드셀)

포그셀 공법은 미세균열 및 표면 노화가 진행된 구간 등에 전면적으로 적용하는 표면처리형 공법으로 골재 없이 유화 아스팔트만을 살포하는 방법이다. 본 공법은 포장 성능이 비교적 양호한 상태에서 미세균열 등의 썰링을 통하여 포장의 공용수명을 일정 기간 연장하는 공법으로, 최소의 비용의 투자로 포장면의 수명 연장이 가능하다.

샌드셀 공법은 포그셀과 같은 전면적인 표면처리형 공법으로, 유제와 함께 규사를 추가 살포함으로써 미세균열의 썰링과 미끄럼 저항성을 동시에 향상시키는 경우에 적용하는 공법으로 성능은 포그셀과 유사한다.

(3) 1차(인력) 시험시공

본 연구에서 진행하는 포그셀/샌드셀 공법의 시험시공을 위해 단지 내 포장의 시공 가능한 구간들에 대한 검토가 이루어졌다. 다음은 시험시공 대상 후보구간에 대한 내용을 나타내었다.

(가) 후보 대상 구간 검토

① 대상 구간 No. 1

- 위치 : 성남시 분당구 이매동 동부코오롱APT 5단지(지하 주차장입구 우측)
- 면적 : $10m \times 6m = 60m^2$
- 파손상태 : 전체적으로 아스팔트포장의 고유색인 검은색이 바래있거나, 노후되어 파손이 진행 중에 있는 것으로 판단되었다. 균열이 광범위하게 발생하였으며, 일부 구간에서는 다소 큰 폭의 균열이 발생하여있어 균열부에 우수 및 이물질 등이 침투하여 추가적인 파손이 진행되고 있어 포트홀 등의 진행이 우려되는 구간이 나타났다. 또한 차량이 주차되었을 경우 과열된 엔진 하부의 경우 아스팔트 레진이 녹아 묻쳐 있거나, 골재의 탈리현상 나타난 곳도 확인되었다. 이는 주행차량의 과열된 엔진의 열에 의한 포장층의 노후화가 촉진된 것으로 판단된다.



〈그림 3.54〉 대상구간 1번 전경



〈그림 3.55〉 균열파손 및 포트홀 진행구간



〈그림 3.56〉 균열 파손 및 표면 노후화

② 대상 구간 No. 2

- 위치 : 성남시 분당구 이매동 동부코오롱APT 5단지(지하 주차장입구 좌측)
- 면적 : $7m \times 11m = 77m^2$
- 파손상태 : 앞선 1번 구간과 같은 단지 내에 위치한 구간으로 전체적인 아스팔트포장이 고유색인 검은색이 바래있거나, 노후되어 파손이 진행 중에 있었다. 균열이 광범위하게 발생하였으며, 일부 구간에서는 다소 큰 폭의 균열이 발생하여있어 균열부에 우수 및 이물질 등이 침투하여 추가적인 파손이 진행되고 있어 포트홀 등의 진행이 우려되는 구간이 나타났다. 또한 차량이 주차되었을 경우 과열된 엔진 하부의 경우 아스팔트 레진이 녹아 뭉쳐있거나, 골재의 탈리현상 나타난 곳도 확인되었다. 이는 주행차량의 과열된 엔진의 열에 의한 포장층의 노후화가 촉진된 것으로 판단된다.



〈그림 3.57〉 후보구간 2번 전경



〈그림 3.58〉 균열 파손



〈그림 3.59〉 표면 노후화

③ 대상 구간 No. 3

- 위치 : 경기도 성남시 수내동 양지 3단지 한양APT (단지입구)
- 면적 : $10m \times 9m = 90m^2$
- 파손 형태 : 다소 큰 폭의 균열이 광범위하게 발생했으며, 거북등 균열이 진행중인 것으로 확인되었다. 또한 표면 노화에 의한 탈리 현상이 발생되고 있으며 일부구간에서는 소규모 포트 홀이 발견되었다.



〈그림 3.60〉 후보구간 3번 전경



〈그림 3.61〉 균열 파손 및 부분 융기



〈그림 3.62〉 표면 노후화 및 일부구간 포트홀 발생

(나) 시험시공 대상 구간 결정

앞에서 언급한 바와 같이 시험시공의 대상 구간을 결정하기 위해 현장조사를 실시하였다. 연구진은 다양한 보수 방법을 적용할 수 있는 현장을 선정하는 것이 바람직할 것으로 판단하였으며 시공 중에 입주자 및 주변 시설물 등에 영향을 주지 않는 범위에서 선정하기로 하였다. 또한 시험시공임을 감안하여 넓은 면적으로 적용하지 않고 소규모 주차장 크기로 적용하기로 결정하였다.

다음의 표는 시험시공 구간 선정을 위해 결정된 현장의 검토를 나타낸 것이다.

〈표 3.9〉 시험시공 선정 구간

후보 구간	적용 공법			위치 조건	종합 결정
	균열보수	부분보수	표면처리 (포그셀)		
구간 No. 1	○	○	○	· 단지 내 중앙 위치 · 교통통제 용이	○
구간 No. 2	○		○	· 단지 내 중앙 위치 · 교통통제 용이	
구간 No. 3	○	○	○	· 단지 입구 위치 · 교통통제 불편 (민원발생 우려)	

다양한 조건들을 검토하여 최종적으로 후보구간 No. 1 에 해당하는 구간에 시험시공을 적용하기로 결정하였다.

(다) 시험시공 계획

시험시공을 하기 위해서 장비 및 재료의 조합, 보수공법의 적용 방법, 시공 순서 등을 충분히 검토하였다. 우선 시공 장비는 본 연구진이 개발하고 있는 장비를 이용하는 것이 바람직하나, 본 시험시공 현장의 적용면적이 매우 작고 아파트 단지 내에서 소음 등의 민원발생소지가 있어서 본 연구진이 보유하고 있는 소형 개질 아스팔트 유제 분사장비를 이용하여 시공하기로 하였다. 또한 포그셀/샌드셀 공법을 적용하기 전에 포장의 구조적인 문제점을 보완하기 위해서 기존에 적용하고 있는 균열 및 소파보수도 복합적으로 실시하기로 하였다.

- 재료부분 : 개질 유화 아스팔트, 상온 유지 보수재(바로바로), 고무아스팔트 실런트, 융착식 차선 도료, 차선 보호용 테이프 등
- 장비부분 : 소형 개질 아스팔트 유제 분사장비, 인력 다짐장비, 노면 청소기(브로워 or 콤프레서), 소형 핸드 브레이커, 라인마커, 고무아스팔트 용해로, 토치, 라바콘 및 안내 간판 등

시험 시공의 순서는 다음의 그림과 같다. 우선적으로 시험시공 대상 구간에 교통차단 및 시공 준비를 하고 구조적인 파손이 발생한 구간의 경우 기존 보수 공법 등으로 보수 및

보강작업을 선행한다. 일반적으로 포트홀이 발생한 구간은 열화된 구간 주위를 걷어내고 상온 아스팔트 보수재나 기타 보수재료를 이용하여 충전해준다. 하지만 본 시험시공 구간 내에서는 균열 발생구간 중에 심각한 수준의 균열이 발견되었기 때문에 이 부분도 구조적으로 취약하다고 판단하고 파손부 주위를 제거한 후 충전재를 채워주는 보수를 적용하기로 하였다.

부분보수 및 균열보수 등의 선행작업이 마무리되면 본격적으로 개발 기술인 포그셀 공법을 적용한다. 부분보수 및 균열보수 모두 아스팔트 바인더를 원료로 생산된 재료들이기 때문에 재료간의 시너지효과를 충분히 발휘할 수 있을 뿐만 아니라 각종 보수 후 표면으로 나타나는 미관의 손상을 포그셀 공법을 통해 극복할 수 있기 때문에 기존 공법과의 연계성에 있어서도 우수하다고 할 수 있다.



〈그림 3.63〉 시험시공 순서

현장 조사를 통해 각 보수 공정에 따른 적용 물량 및 면적을 다음의 표에 나타내었다.

〈표 3.10〉 시험시공 보수 물량 및 면적

보수공정	시공면적	시공물량
노면청소	$10m \times 6m$	$60m^2$
균열보수	균열 총연장 약 $50m$	$50m$
부분보수	$0.3m \times 0.4m$	$0.12m^2$
표면처리	$10m \times 6m$	$60m^2$
차선도색	$0.15m \times 47.5m$ (차선평(15cm), 차선 총 연장(47.5m))	$7.13m^2$

(라) 시험시공 적용

시공은 위에서 제시한 방법 및 절차를 기준으로 진행되었다. 시공시기가 11월 중순인 점을 고려하여, 오전에 시공 준비를 마친 후 기온이 가장 높은 시간대를 고려하여 12시~15시 사이에 시공을 실시하였다.

① 교통차단 및 시공준비

단지 내 구간인 점을 감안하여 시험시공 전날 보수 구간을 미리 교통차단을 실시하여 차량이 주차하지 못하도록 하였으며, 현장에서 시공 당일 사용할 자재 및 장비들을 반입하였다.



〈그림 3.64〉 교통차단 및 보수구역 확인



〈그림 3.65〉 장비 및 재료준비

② 부분보수

균열이 발생한 상태에서 우수 등의 침투로 인해 포장 내부에 체류수가 존재한 상태에서 차량 하중이 가해지면 포장 내부의 수압에 의해 팽팽작용이 진행되어 포장 표면의 파손을 야기하게 되는데, 이러한 현상을 포트홀이라고 한다. 포트홀이 발생하면 파손부 인접 부위는 포장의 열화가 진행되기 때문에 충분히 제거한 후 보수재를 충전한다. 또한 연구진이 사용한 아스팔트 상온보수재는 재료가 전압식 타입으로 차량 하중에 의해 다짐이 이루어져야 강도가 발현되는 형태이기 때문에 시공 후 차량으로 다짐을 실시하였다.



〈그림 3.66〉 열화부위 절삭 및 제거



〈그림 3.67〉 상온 보수재 충전 및 다짐 실시

③ 균열보수

아스팔트 포장의 가장 일반적인 파손형태가 균열이며, 이러한 균열파손을 장기간 방치하게 되면 앞에서 언급한 바와 같이 포트홀이나 침하 등의 다양한 문제로 진행될 수 있다. 그러므로 아스팔트 포장의 전체 표면처리를 진행하기 전에 균열 부위를 보수해 주는 것이 필요하다. 균열 부 충전 재료는 고무 아스팔트 실런트로 불에 가열하여 녹여서 사용한다. 이는 양생 후 점도가 매우 높아 균열간의 틈을 충분히 매워줄 뿐만 아니라 우수 등의 침투를 억제하는 역할을 하게 된다.



〈그림 3.68〉 균열부 청소 및 고무 아스팔트 충전



〈그림 3.69〉 충전부 마무리

④ 포그셀 시공

본 연구진의 개발 기술인 포그셀은 앞에서 선행된 부분보수 및 균열보수가 마무리 된 후 시공한다. 부분보수나 균열보수 등은 시공한 후 보수 흔적이 남기 때문에 미관적으로 좋지 않다. 이런 포장 표면을 포그셀용 개질 아스팔트 유제를 이용하여 전 면에 걸쳐 도포를 해 줌으로써 보수 흔적을 없앨 수 있을 뿐만 아니라 눈에 보이지 않는 미세 균열에 대한 셀링 효과로 추가 균열 발생을 억제하는 효과가 있다. 또한 포장면 전체에 걸쳐 골고루 분사하여 양생하기 때문에 시공 후에는 마치 새로운 도로 포장을 깔아 놓은 것 같은 착각이 들 정도로 노면이 깨끗해 짐을 알 수 있었다.



〈그림 3.70〉 포그셀 적용을 위한 표면정리 및 인접시설물 보호



〈그림 3.71〉 포그셀용 개질 유화 아스팔트 살포 및 양생

⑤ 차선도색 및 마무리

포그셀을 적용하여 유제를 살포한 뒤 표면이 양생되면 차선 도색 및 양생과정을 거쳐 최종 시공을 마무리한다. 본 구간에서는 시험시공인 점을 감안하여 도료용 페인트로 마무리하였다.



〈그림 3.72〉 기존 차선부 마킹 및 도색



〈그림 3.73〉 차선양생 및 마무리(교통개방)

(마) 시험시공 결과

① 부분보수

시험시공 구간에 대해서 가로 $0.3m$, 세로 $0.4m$ 로 $0.12m^2$ 의 면적에 대하여 부분보수를 실시하였다. 보수에 사용된 재료는 상온 유지보수재(바로바로)로 별도의 다짐장비 없이 차량 바퀴를 통하여 다짐을 실시하였으며, 보수 후 지속적인 주차차량 통행에 의해 완전히 양생이 완료되었다. 보수부분을 주변의 포장층과 높이를 맞추어 시공함으로서, 기존의 물고임 등에 의한 파손을 방지하고 주변의 추가적인 파손 방지가 가능할 것으로 판단된다. 또한 보수 후 표면에 포그셀 유제를 이용하여 도포해 줌으로써 기존 포장재와 보수재 간의 경계면을 일체화 시키는 효과를 가져오기 때문에 추가적인 파손에 대해 저항성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 3.74〉 모든 공정 후 부분보수 적용면

② 균열보수

시험시공 구간 내에 발생한 균열을 보수하기 위하여 콤프레서를 사용하여 청소한 결과, 비교적 넓은 폭의 균열로 균열깊이 또한 깊은 것으로 확인되었다. 균열부에는 미리 가열한 고무아스팔트를 주입함으로서, 균열 심층부까지 충전이 가능하도록 하였다. 표면부까지 주입한 후 아스팔트와 고무아스팔트의 경계부의 견고한 결합을 위하여, 토치를 사용

하여 가열함으로서 표면과 고무아스팔트가 자연스럽게 일체화되도록 하였다. 고무아스팔트의 주입이 가능한 균열부에는 모두 시공을 실시하였으며, 보수완료 후 단면은 다음과 같이 표면과의 색상 차이로 다소 지저분하게 나타났다.



〈그림 3.75〉 균열보수 후 전경

③ 포그셀

부분보수 및 균열보수를 통하여 채워지지 않은 미세균열 등에는 포그셀공법을 적용하여 표면처리를 실시하였다. 소규모의 시험시공으로 인력살포장비를 사용하여 시공하였으며, 주변 구조물 및 차량 등에 날리지 않도록 조치 후 시공하였다. 단위면적당 유제의 살포량은 m^2 당 약 0.5l 으로 살포자의 사전테스트를 통하여 적정량을 유지하도록 하였다.

포그셀 공법의 목적은 노후된 표면의 균열 씰링은 물론 노후되어 발해진 아스팔트의 색상을 유제의 고유의 색상으로 코팅하여주는 효과를 볼 수 있다. 따라서 본 공법의 적용 결과 다음 그림에 보이는 것과 같이 보수 전에 비하여 확연히 깔끔해진 표면을 확인할 수 있었다.



〈그림 3.76〉 표면 처리 후 전경

(배) 시험시공구간 추적조사

시험시공 구간에 대한 현장 적용성 검토를 위해 추적조사를 실시하였다. 추적조사는 총 3회에 걸쳐 이루어 졌으며 표면의 마모상태, 보수상태 등을 육안으로 관찰하였다.

① 1차 추적조사 (시공 직후)

시공 직후에 첫 추적조사를 실시하였다. 시공 초기상태로 표면처리와 균열보수 및 부분 보수 상태가 양호하며, 시공 이전에 비해 확연히 깨끗한 표면상태를 확인할 수 있었다. 다만 차선 도색 후 차선이 완전히 양생되지 않은 상태에서 차량을 주행시켜 차선 도색 일부가 밀려있는 현상을 관찰 할 수 있었지만 포장의 표면상태에는 전혀 영향을 주지 않았다. 또한 연구진이 시험을 위해 차량을 표면처리한 위치에 놓고 타이어를 돌려 표면의 벗겨짐을 시험해 보았으나, 골재 사이의 쉐링에는 이상이 없는 것으로 나타났다.



〈그림 3.77〉 교통개방 후 전경



〈그림 3.78〉 타이어 마찰부 표면

② 2차 추적조사

2차 추적조사는 시공 후 약 10일이 경과한 후 수행되었다. 단지 내 포장 주차장이기 때문에 매일 차량들의 진출입이 이루어지며 마모도를 관찰하기 위해 육안조사를 실시하였다. 조사 결과, 전체적인 보수상태가 초반과 변화 없이 양호한 상태를 유지하고 있었으며, 부분보수한 구간의 경우 상온 보수재의 양생이 완료되어 기존 포장층과 일체화 된 것을 확인할 수 있었다. 타이어 마찰에 의한 표면부의 벗겨짐 현상은 초반 테스트 과정에서 발생된 부분 이외의 추가로 발생한 구간은 없는 것으로 조사되었다.

포그셀 시공구간의 경우 표면이 방수처리 됨으로서, 포장층이 낮은 구간에서는 빗물 등의 물고임현상 발생하였으며, 이는 추후 시공되는 구간에 대해서 레벨을 맞춰주는 작업도 동반되어야 할 것으로 판단되었다.



〈그림 3.79〉 균열 보수 및 부분 보수구간



〈그림 3.80〉 타이어 마찰부 마모도 및 물고임 현상

③ 3차 추적조사

3차 추적조사는 시공 후 약 1달이 경과한 후 조사되었다. 현장의 외관은 먼지 등에 의해 지저분해진 상태이지만, 포그셀 시공면의 상태는 양호한 것으로 조사되었다. 또한 균열보수 구간의 충전제와 아스팔트의 결합상태가 양호하게 유지되고 있었다. 타이어 마찰에 의해 포그셀 표면부가 벗겨진 부분은 초반 테스트 과정에서 발생한 부분 이외의 추가 발생구간은 없는 것으로 확인되었다.



〈그림 3.81〉 균열 보수 구간



〈그림 3.82〉 1개월 후 시험시공 현장

④ 추적조사 결과

시험시공 후 3번의 추적조사를 실시한 결과, 공용상태는 매우 양호한 것으로 나타났다. 균열보수 및 부분보수 구간의 경우도 표면처리를 통해 기존 포장과의 일체화가 이루어져 추가적인 파손의 진행은 없는 것으로 나타났다. 이는 기존 보수 공법과 본 연구진이 개발한 포그셀 공법과의 조합이 효과적으로 적용된 것으로 판단할 수 있으며, 실제 주차장의 특성 때문에 표면 썰링이 벗겨질 수 있다고 간주하였으나 실제 현장에서는 표면 마모의 문제는 거의 없는 것으로 확인되었다.

본 공법의 현장 적용성은 우수한 것으로 나타났으며 이를 향후 공법 설명회 및 홍보자료 등의 데이터로 활용할 계획이다.

(4) 2차(장비) 시험 테스트

본 연구의 최종 목표인 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비의 개발을 완료하여 실제 현장에서 시공하기에 앞서 장비의 테스트를 위해 김포 도로 건설 현장을 섭외하여 시험테스트를 실시하였다. 당 현장은 한국토지주택공사에서 발주하여 시공 중인 김포한강신도시 건설공사 중 일부로, 김포 고속화도로(전체 17.6km) 노선이다.



<그림 3.83> 현장 위치도

연구진이 현장을 방문하여 확인한 바에 따르면 아래의 그림에서 보는바와 같이 아스팔트 기층까지 시공이 완료된 상태였으며, 텍코팅 살포 후 아스팔트 표층 시공 예정 구간이었다. 현장 관리자의 협조를 얻어 텍코팅 살포 전에 본 연구장비 테스트를 수행하고 공정을 진행하도록 하였다.



<그림 3.84> 장비 테스트를 위한 현장 전경

우선 장비의 원활한 작동 여부를 확인하기 위해 약 500m 구간에 대해 살포량 조절, 속도 등을 변화시키면서 테스트를 실시하였다. 적정 속도 및 살포량 확인을 위해 규사 및 아스팔트 유제를 흡수 할 수 있는 흡착포를 준비하여 장비가 살포하면서 지나간 후 무게 측정을 통해 살포량을 측정하였다.



〈그림 3.85〉 살포량 측정을 위한 흡착포 시험

차량의 속도와 유제 살포량과의 조합을 위해 속도별 유제 살포량을 측정한 결과, 다음의 표와 같이 나타났다. 차량의 속도를 증가시킬수록 단위 면적당 살포되는 양은 적었으며 약 20km/h 이상되면 규사 및 유제의 단위면적당 살포량이 현저하게 적어지는 것을 확인할 수 있었다.

〈표 3.11〉 속도별 유제 및 규사 살포량

장비속도(km/h)	아스팔트 유제(l / m ²)	규사(kg/m ²)	비고
10~15	0.76	0.69	유제살포기준:0.3~0.6 l / m ² 규사살포기준:0.4~0.6kg/m ²
15~20	0.47	0.41	
20~30	0.24	0.13	

위의 표에서 보는바와 같이, 속도와 살포량의 상관관계를 측정한 결과, 장비의 운행속도는 15~20km/h 수준으로 운행하면서 시공하는 것이 가장 이상적인 것으로 나타났다. 물론 유제 및 규사 공급장치의 노즐부 조절을 통해 살포되는 양을 조절할 수도 있지만 장비 시공이기 때문에 차량의 속도를 기준으로 해서 재료의 공급량을 결정하는 것이 가장 바람직한 것으로 판단되었다. 향후 살포량에 관한 검증은 사업화 후 상시 점검항목으로 분류하여 실제 현장에서 적정량의 재료가 균질하게 살포되는지 확인하도록 하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

또한, 장비의 연속적인 운영을 테스트 하기위해 약 1.5km 구간에 대해서 포그셀 유제를 이용한 표면처리를 연속공정으로 실시하였다. 실제 현장에서의 연속공정은 이번이 처음이기 때문에 작동 중에 발생할 수 있는 장비의 문제점 등을 확인하기 위해 수시로 장비의 상태를 확인하면서 테스트를 진행하였으며, 향후 아파트 단지 내 포장 시험적용에 필요한 각종 보완사항 등을 확인하였다.



〈그림 3.86〉 장비의 연속 가동 시험

(5) 아파트 단지 내 시험시공(장비시공)

(가) 시험시공 개요

제작된 장비를 이용하여 아파트 단지 내 포장의 포그셀 공법을 시험시공 하였다. 본 공법을 적용한 아파트 단지는 경기도 분당에 위치한 이매촌 동부 코오롱 아파트로 단지 내 이면도로에 시험시공을 실시하였다. 앞에서 언급한 바와 같이, 경기도 분당 지역은 1990년대 5대 신도시로 건설된 도시 중 하나로, 아파트 및 주차장 등이 시공된 지 약 15~20년 정도 되었으며, 특히 아스팔트 주차장 및 이면도로의 노화가 상당부분 진행이 되고

있는 실정이다.

장비를 이용한 시험시공을 적용한 구간은 작년에 인력시공을 실시한 아파트 단지로, 인력 시공 후 아파트 관리소, 입주자 등의 관심이 높아져 추가 시험시공에 대한 기대가 높은 상태였다. 본 연구진은 단지 내 포장의 시험시공을 통해 사업화의 기반을 확보하기 위해 장비를 이용한 현장 시공이 필요한 상황이었고 아파트 관리소 및 입주자들 또한 노후된 도로 보수를 통해 쾌적한 주거 환경을 만들 수 있다는 기대심리가 반영되어 예상보다 쉽게 시험시공을 할 수 있었다. 아파트 단지의 개략적인 개요는 다음과 같다.

- 단지명 : 이매촌 동부·코오롱 아파트
- 소재지 : 경기도 성남시 분당구 이매동 121
- 단지규모 : 4개동 8라인 264세대

본 단지는 2008년까지 아파트 단지 전문 관리업체에서 관리를 하였으나, 2009년부터는 입주자 대표회의를 통해 아파트 관리를 직영하고 있었다. 이는 아파트 단지의 규모와 밀접한 관계가 있는 것으로 조사되었으며 위에 나타난 바와 같이 4개동 264세대로 이루어져 있기 때문에 관리규모가 적고 업무량이 적어 별도의 관리업체를 통해 관리하는 것이 비 효율적인 것으로 확인되었다.



〈그림 3.87〉 시험시공이 적용된 아파트 단지 위치도

(나) 시공 전 준비

포그셀/샌드셀 공법 적용을 위한 위치 선정은 아파트 관리소와 협의하여 공용성 및 지속적인 모니터링이 가능하도록 아파트 입구의 진출입 도로에 적용하기로 하였다. 단지 입구에서 이어진 도로로, 차량의 운행은 다소 적지만 아스팔트 포장의 노화가 상당히 진행된 구간이었다.



〈그림 3.88〉 시험시공 예정구간 현장 사진

시험시공 현장의 제원은 다음과 같다.

- 시공물량 : 6m(폭) × 50m(연장) = 300m²
- 예상 개질 아스팔트 사용량 : 300m² × 0.3 ~ 0.6 l = 90 ~ 180 l
- 예상 규사 사용량 : 300m² × 0.4kg = 120kg

단지 내 도로이기 때문에 아파트 관리소에서 청소 및 미관 등을 관리하고 있었으며, 관리 인력이 적어 도로의 청소상태가 다소 불량하였다. 노면에 이물질이 많을 경우, 아스팔트 유제와 포장면의 접착에 영향을 주어 시공 하자로 이어질 수 있기 때문에 우선 노면

청소를 실시하였으며, 구획을 설정한 후 시공 전후를 비교평가하기 위한 시험들을 실시하였다. 시험 결과에 대한 언급은 뒷 장에서 하기로 한다.



〈그림 3.89〉 시공 준비

(다) 장비 시공

장비를 이용하여 시공하기 위해 자재 및 장비를 현장으로 이송하였다. 일반 도로용으로 설계 및 기획을 시작하였기 때문에 아파트 단지 내에 위치한 장비는 다소 크다는 느낌은 있었다. 하지만 개질 유화 아스팔트의 특성을 고려하면 막힘없이 분사할 수 있도록 하기 위해 엔진 및 유압실린더 등이 장착되어져야 하기 때문에 장비의 거대함은 피하기 어려운 문제였다.

① 장비 이동 및 준비

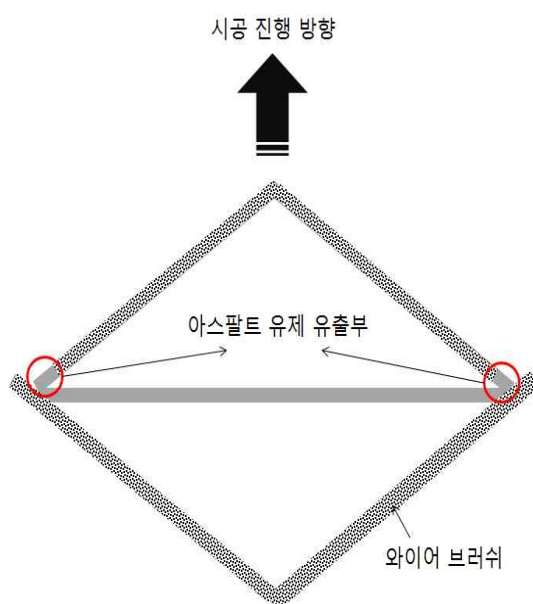
장비의 이동성을 고려하여 살포부(노즐부)는 장비 위로 리프트 기능이 있으며, 아래의 사진은 공장에서 현장까지 이동을 위해 살포부를 리프트시켜 이동시킨 모습이다. 일반적으로 고속도로 및 일반국도에 주행하는 트럭의 경우, 적재 공간 밖으로 적재물이 튀어나오

게 상차하여 운행하게 되면 매번 관할 경찰서에 신고를 해야하는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 본 장비는 적재 공간 뒤편에 위치한 살포부를 조절할 수 있도록 제작되었다.



<그림 3.90> 장비 현장 반입

개질 아스팔트 유제 및 규사 등을 살포한 뒤 표면을 문질러 주는 스크러빙 장치를 장착하여 운행하였다. 스크러빙 장치는 마름모꼴 구조로 되어 있으며, 처음에는 재료를 분산시켰다가 다시 모아주면서 표면을 문지르도록 고안되었다. 아래의 그림과 같이 아스팔트 유제 유출부를 통해 앞에서 분사된 아스팔트 유제가 뒤편 와이어브러쉬 내로 유입되고 이를 V자형으로 모아주면서 표면을 스크러빙 해주는 기능을 하게 된다. 시공이 마무리되면 그림에서 보는바와 같이 바퀴를 내려 이동이 용이하도록 고안하여 제작하였다.



<그림 3.91> 스크러빙 장치

② 시공 위치 이동 및 준비

장비 준비 및 자재의 공급이 완료되어 시공 시작위치로 이동하여 대기하는 단계이다. 시공 폭과 운행횟수 등을 확인하기 위해 실제 현장의 시험주행을 선행하였다. 장비의 폭은 2.5m 이지만 실제 포그셀 유제가 살포되는 구간은 유제가 퍼지는 면적을 고려하여 측정한 결과, 약 3m 정도 시공됨을 확인하였다. 현장의 폭이 6m이기 때문에 2회 주행으로 시공을 마무리 할 수 있을 것으로 판단하였다.



〈그림 3.92〉 장비 시험 이동

③ 장비 시공

준비가 마무리되고 장비를 이용한 시공을 실시하였다. 장비의 운행속도 및 살포량은 지난 김포에서 테스트한 바와 같이 15~20km/h 수준을 유지하였으며, 아스팔트 유제 및 규사 살포량을 고려하여 설정하였다. 시험시공 연장이 약 50m 정도이기 때문에 실제 시공 시간은 5분을 넘지 않았으나, 현장 준비 및 제반사항에 대부분의 시간이 소비되었다. 6m 폭을 2회 시공하기 때문에 한쪽은 포그셀로 시공을 하였으며, 다른 한쪽은 샌드셀로 시공하였다. 아래의 그림과 같이 시공은 매우 양호하게 이루어졌으며, 부분적으로 유제의 저류 등이 발견되었으나, 스크러빙 장치의 분산 효과로 표면이 대체적으로 양호하게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

기존 아스팔트 포장의 평탄성이 다소 불량하여 부분적으로 유제가 모여있는 현상이 나타났다. 또한 시공 끝단의 경우는 아스팔트 유제가 충분히 공급되지 못해서 최종 뒷 마무리는 인력이 투입하여 마무리하였다.



〈그림 3.93〉 장비를 이용한 단지 내 포장 시험시공

④ 인력 마무리 및 양생

앞에서 언급한 바와 같이, 장비 시공이 마무리된 면을 확인한 결과, 포장의 평탄성 문제로 부분적으로 유제들이 모여있는 구간들이 있었으며, 시공 양쪽 측단은 유제 살포량이 상대적으로 적어 충분한 썰링효과를 나타내지 못한 구간들이 발생하였다. 하지만 면적으로 계산하였을 경우, 거의 95% 정도는 장비 시공으로 마무리되었음을 확인하였다. 인력 마무리는 소형 스퀴즈를 이용하여 유제를 도포하였으며, 노면 중간에 모여있는 유제들을 분산시키고, 노면쪽에 썰링이 적은 부분들 위주로 투입되어 시공하였다.

인력 마무리 후 양생을 실시하였다. 양생시간은 2~3시간 정도이나, 본 시험시공 구간은 장비 시공 이외에 인력시공구간이 있어, 다소 많은 양생시간이 소요되었다. 인력 시공구간의 경우, 작업자마다 스퀴즈 양이 달라서 두텁게 시공된 구간의 경우 양생시간이 더욱 길었다.



〈그림 3.94〉 인력 마무리 및 양생

(라) 차선 도색 및 마무리

시공 구간의 양생이 마무리되어 노면 구간에 흰색 차선을 설치하였다. 아스팔트 유제 특성을 고려하여 유성 도료 사용을 배제하고 수성 도료를 사용하였다. 다음의 그림은 시공 전, 후 사진을 비교한 것이다. 아래의 그림에서 보는바와 같이 시공 후 도로는 신규 아스팔트 포장을 시공한 것과 같은 효과를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.



〈그림 3.95〉 시공 전(왼쪽)과 후(오른쪽)

(마) 시공 전, 후 시험 실시

포그셀/샌드셀 시공 전후의 포장 평가를 위해 현장시험을 실시하였다. 우선 포그셀/샌드셀 공법의 목표인 노후된 포장의 우수 침투 억제 확인을 위해 현장 투수시험을 실시하였으며, 시공 전, 후의 미끄럼 저항성 변화를 확인하였다.

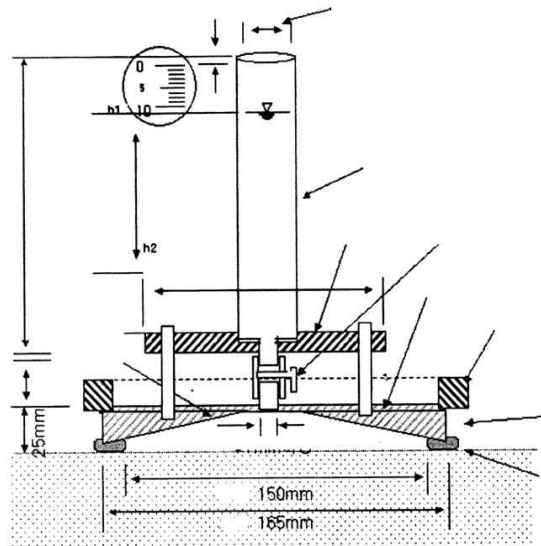
① 현장 투수 시험

현장 투수 시험은 'KS F 2394'의 기준을 근거로 시험을 실시하였다. 원래 배수성 및 투수성 포장의 투수성능을 평가하기 위한 시험이지만, 포그셀/샌드셀 시공 전 후의 투수성능을 확인하여 본 공법의 셀링효과를 나타내기엔 적합한 시험으로 판단하였다. 시험기는 위의 기준에서 제시한 기준에 만족하는 장비를 아래의 그림과 같이 사용하였으며, 시험기의 100ml에서 500ml까지 투수될 때까지 걸리는 시간을 측정하여 이를 15초 동안 흘러간 수량으로 산출하여 투수량을 산정하였다.

시공 전 투수량을 산정한 결과, 다음의 표에서 보는 바와 같이, 약 22.6ml/15sec로 나타났다. 시공 후 투수량 시험을 실시한 결과, 투수가 되지 않음을 확인할 수 있었다. 이는 시공 후 도로포장 표면의 셀링 효과가 우수하여 포장 하부로 우수 등을 침투시키지 않음을 나타내는 것으로 포장 하부로 우수 등이 침투하여 차량 하중에 의한 포트홀 및 균열 파손 등의 문제를 억제하는 효과를 기대할 수 있다.

〈표 3.12〉 시공 전, 후의 투수시험 결과

	시공 전	시공 후
투수량 (ml)	400	180
투수시간 (sec)	265	∞
투수량 (ml/15sec)	22.6	0



〈그림 3.96〉 현장 투수 시험

② 미끄럼 저항성 시험

미끄럼 저항성 시험은 시공 전, 후의 표면 미끄럼 상태를 정량적으로 평가하기 위한 시험으로, ‘KS F 2375’에서 규정하고 있다. 노면의 미끄럼 저항성 시험 방법(BPT, British Pendulum Tester)이라고 하며, 아래의 그림에서 보는 바와 같은 장비를 이용하여 측정한다. 장비의 흔들이 팔 하단에 스퀴즈 고무판이 장착되어 있으며, 바닥의 미끄럼 상태에 따라 바늘 게이지의 눈금을 읽어 측정한다.



〈그림 3.97〉 미끄럼 저항성 측정기

일반적으로 습윤 상태의 미끄럼 저항성을 여러번 측정하여 그 값(BPN)을 미끄럼 저항 수치로 나타내는데, 습윤 상태는 시험 체의 바닥에 물을 뿌린 상태에서 시험을 실시하는 것을 말한다. 이는 우천 시에 노면의 미끄러움이 증가되기 때문에 노면의 가장 취약한 상태에서의 미끄럼 저항성 기준을 제시하고자 하는 의미를 가지고 있다. 본 시험에서도 마찬가지로 습윤 상태에서의 미끄럼 저항성 시험을 실시하였으며, 그 결과는 다음의 표와 같다.

〈표 3.13〉 시공 전, 후의 습윤상태의 미끄럼 저항성 시험 결과

	시공 전	시공 후
측정 BPN	80 / 83 / 85 / 84 / 87 / 82 / 85 / 86 / 85 / 81	88 / 84 / 86 / 89 / 90 / 88 / 88 / 85 / 86 / 88
평균 BPN	84	87

위의 표에서 보는 바와 같이, 표면처리 전 후의 미끄럼 저항성 상태는 크게 변화가 없는 것으로 나타났으며, 평균 BPN값으로 보면 오히려 증가한 것을 확인할 수 있었다. 주차장 및 단지 내 도로 등은 고속 주행구간이 아니기 때문에 미끄럼 저항성은 큰 문제를 야기하지는 않지만, 향후 도로 포장분야로 확대적용 하기 위해서는 확인이 필요한 공용성 평가 항목이다.



〈그림 3.98〉 시공 전(왼쪽)과 후(오른쪽)의 미끄럼 저항 측정시험

(바) 장비를 이용한 시험시공 결과 분석

본 연구에서 제작된 포그셀/샌드셀 시공장비를 이용하여 아파트 단지 내 포장 구간에 시험시공을 실시하였으며, 앞에서 언급한 바와 같이 각종 공용성 시험을 시공 전, 후의 상태변화를 확인하기 위해 실시하였다.

장비 부분에서의 결과를 살펴보면, 전체적인 장비의 작동 및 제작에 대해서는 큰 문제는 없는 것으로 확인되었다. 하지만 유화 아스팔트 분사노즐의 분사각 등을 고려하여 양쪽 끝단에는 다소 미약한 표면처리가 이루어지는 것을 확인할 수 있었으며, 현장에서는 인력시공으로 마무리 하였다. 또한 스크러빙 장치를 이용하여 표면의 문지르기 효과 부분에서는 부분적으로 유화 아스팔트의 저류부분이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며 효과적으로 분산시키는 역할을 기대하기엔 다소 미흡한 점이 있었다.

장비 시공의 끝단 부분의 해결은 분사 노즐의 각도를 조절하여 실제 스크러빙 장치의 폭을 고려한 분사각을 재설정함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 아스팔트 포장 표면 일부에서 유화 아스팔트의 저류 문제는 스크러빙 장치의 자중을 증가시켜 브러쉬의 쓸림 효과를 증대시키게 되면 저류 부분의 분산효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

시공 후 미관 및 만족도 부분에서는 매우 우수한 것으로 판단된다. 특히 입주자들의 만족도가 상당히 높은 것으로 나타났으며, 관리 사무소에서도 긍정적인 협조를 언급하였다. 노화된 아스팔트 포장을 신설 포장수준으로 높임으로서 사용자 입장에서 미관 증대 및 쾌적한 도로를 제공받게 되며, 관리 주체 입장에서는 고가의 보수공법 대신 빠르고 저렴한 보수기법을 적용함으로써 예산절감 및 입주자 신임도 증대 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 주요 연구목표 달성도

1. 연구개발 수행 진도율

본 연구진은 세부 항목별 당해연도 연구개발 내용에 대해서 모두 수행하였다.

1차년도에서는 장비의 세부 항목 결정 및 설계, 재료의 실내외 시험 등을 성공적으로 수행하였으며, 당해연도에서는 다음과 같은 내용을 과업기간 내에 완료하였다.

구 분 개발 내용	연구개발기간(개월)						진도율 (%)
	1	2	3	4	5	6	
장비 조합 및 제작							100
시험시공 및 결과고찰							100
장비 보완 및 완성							100
홍보 및 사업화 기반 마련							100

2. 연구개발 수행 달성도

본 연구진에서는 당해연도 세부 내용에 있어 연구개발 목표를 100% 달성하였다. 당해연도 연구개발 내용인 시공 장비의 제작 및 완료, 시험시공을 통한 사업화 검증, 유관기관 등에 대한 기술 개발의 홍보 등을 수행하였으며, 새로운 시장 개척을 통해 개발 기술의 우수성을 적극적으로 홍보하였다.

목표	달성도 (%)	내용
포그셀/샌드셀 시공 장비 개발	100	- 장비 운영을 고려한 형식 결정 - 유제살포를 위한 포설부 설계 및 제작 - 장비 조립 및 제작 완료
시험시공을 통한 현장검증	100	- 단지 내 포장에 대한 시험시공 실시 - 기존 공법과의 조합 - 추적조사를 통한 현장 적용성 검증
사업화 기반 확보	100	- 시험시공 단계에서부터 시장성 확보 - 아파트 단지 유지관리업체 미팅 - 홍보브로셔 제작 및 홍보 활동 실시

본 연구과제의 최종 목표는 크게 장비개발 및 시험시공, 사업화 등으로 나누어지며, 연구의 성과목표 및 달성지표는 다음의 표와 같다.

성과목표	성과지표		측정 방법	최종목표치	달성여부	내용
장비개발	1-1	시스템구축	장비제작	유무	유	시공장비 제작완료
	1-2	적용기술	건수	2	2	세부 적용기술 개발 완료
시험시공 /사업화	2-1	활용실적	시험시공 건수	2	2	단지 내 포장 시험시공
	2-2	사업화 활동 건수	영업활동 수	유무	유	단지 내 포장 시험시공 및 아파트 관리업체 홍보

장비개발 부분의 시스템구축은 포그셀/샌드셀 공법의 시공을 위한 장비개발 여부를 판단하는 것으로, 본 연구에서 개발이 완료되었다. 또한 적용기술 부분은 장비개발에 필요한 세부기술(각종 세부항목에 대한 기술개발 및 선정)의 개발 및 적용에 해당하는 것으로, 노즐부 및 장비 이송부 등 다양한 세부기술들이 적용되어 성과를 달성하였다. 시험시공 건수에서도 단지 내 포장의 인력시공 및 장비시공, 일반 도로에서의 장비 테스트 등을 적용하여 목표치인 2건 이상을 달성하였다. 사업화 활동에 대해서는 분당지역의 아파트 단지 내 시험시공 적용을 위해 단지 관리소 및 시공업체 담당자 등을 대상으로 영업활동을 실시하였으며, 국내의 아파트 단지 관리업체 등을 통해 지속적인 홍보활동을 진행할 예정이다.

제 2 절 관련분야 기여도

1. 기술적 측면

현재 국내에서는 균열 셀링 공법 이외에 도로포장의 예방적 유지보수 공법을 실시하고 있는 경우는 거의 없으며 일부 신기술이 개발되어 소개되었지만 광범위하게 적용되지는 못하고 있는 실정이다. 또한 아직까지 국내에서 도로를 유지 관리하는 담당자들은 예방적 유지관리에 대한 이해도가 낮고 새로운 기술을 적용하는 것을 꺼리는 것이 현실이다. 이러한 측면에서 본 기술이 개발되면, 도로포장의 유지보수 개념이 변화할 수 있는 원천을 마련하는 것으로, 실제 적용효과 등을 검증하여 새로운 유지보수 기술을 축적할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러, 본 기술에서 적용하고자 하는 포그셀/샌드셀 공법 뿐만 아니라 타 예방적 유지보수 공법의 기술개발이 추가적으로 진행될 수 있는 기틀을 마련할 수 있다는 측면에서 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다.

기존 포장 파손에 의해 보수하는 방법은 수동적인 보수방법으로, 포장의 공용성능이 저하될 때 까지 아무런 조치를 취하지 않는 방법을 적용해 왔다. 전통적 유지보수 공법들은 다음과 같다.

- 패칭 및 소파보수
- 절삭 덧씌우기
- 일상적인 긴급보수 (상온 아스팔트 메우기 - 포트홀 등)

이러한 전통적 보수방법은 포장의 전체적인 공용수명을 저하시키는 효과를 가져오게 된다. 공용수명을 저하시키는 이유는 다음의 비유를 보면 금방 확인할 수 있다.

운전자 2명(A, B 운전자)이 각각 차량을 1대 구입하여 운행하고 있다. A운전자는 통상적으로 차량의 소모품(각종 오일 및 벨트 교환 등)관리를 꾸준히 해 오고 있으나, B운전자는 소모품이나 관리는 전혀 하지 않고 운행만 하고 있다.

만약 어느 순간에 차량이 운행할수 없을 정도로 고장이 났을 경우, A운전자의 차량이 먼저 고장이 나겠는가, B운전자의 차량이 먼저 고장 나겠는가?

위의 질문에 대한 답은 누구나 금방 확인할 수 있을 것이다. 도로 포장도 마찬가지로 지속적인 관리를 통해 포장의 공용 수명을 증진시킬 수 있지만, 파손이 발생할 때 까지 무관심하게 방치하게 되면 그만큼 수명도 단축되기 마련이다. 이러한 관점에서 예방적 유지관리의 중요성이 부각되는 것이며, 본 기술인 포그셀/샌드셀 공법의 기술적인 가치가 요구되는 것이다.



<그림 4.1> 포장의 공용년수-성능과의 상관관계

2. 사회·경제적 측면

본 기술이 성공적으로 현장에 적용되면, 기존의 전통적 유지보수비로 투입되는 국가 예산도 상당부분 절감이 가능하다. 전통적 보수방법은 사후 유지보수이기 때문에 예방적 유지보수에 비해 상대적으로 많은 비용이 소모된다. 다음의 표는 현재 국내에서 적용 중인 보수비용을 나타낸 것으로, 본 기술의 경우 아스팔트 절삭 덧씌우기 비용의 30% 수준으로 나타났으며, 소파보수비용으로는 본 기술을 4번 이상 시공할 수 있는 것으로 나타

났다. 이는 국가 예산 절감 차원에서 획기적이라 할 수 있다.

〈표 4.1〉 국내 유지보수공법의 단가 비교

공법 구분	단가 (원/㎡)	비고
포그셀/샌드셀	5,000	재료/시공비
소파보수	21,207	파손구간 부분적용
균열 셀링	16,412	파손구간 부분적용
아스팔트 절삭덧씌우기	14,539	

* 자료 : 국토포장관리시스템, 2005년

또한, 공용중인 도로의 전통적 보수공법 적용은 예방적 유지보수 공법보다 많은 보수시간을 필요로 한다. 일반적으로 아스팔트 덧씌우기의 경우, 기존 아스팔트층을 절삭하고 표면을 청소한 후 새로운 아스팔트 혼합물을 현장으로 반입하여 시공장비를 통해 포설하고 다짐 후 교통을 개방한다. 이러한 일련의 과정을 진행하기 위해서는 약 8~10시간 정도의 교통차단시간이 필요하다. 하지만 본 기술은 3시간 이내에 시공 및 교통개방이 완료되기 때문에 도로를 이용하는 사용자 측면에서 매우 효과적이라 할 수 있다. 그리고 기존 아스팔트 포장을 걷어내고 재 시공하는 방법은 건설 폐기물을 발생시키지만, 본 기술은 기존 포장을 유지한 상태에서 생명력을 불어넣어 준다는 측면에서 우수하다고 할 수 있다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구결과의 활용계획

본 연구를 통해 개발된 기술은 도로포장의 예방적 유지보수 공법에 적용된다. 현재 국내 주요 고속도로의 공용수명이 점차적으로 증가하면서 고속도로 건설 초창기에 시공되어온 아스팔트 본선폐장 및 아스팔트 교면포장 등은 그 파손이 심각한 수준이다.

본 기술을 이용하여 고속도로에 분포하고 있는 아스팔트 교면포장을 중심으로 초기 활용을 예상하고 있다. 교면포장의 경우, 포장파손에 따른 문제가 일반 토공부 포장에 비해 훨씬 심각한 수준으로 파생될 수 있기 때문인데, 교면포장 파손은 교량 구조물의 열화에도 밀접한 관계가 있기 때문이다. 이러한 문제를 한국도로공사에서도 심각한 수준으로 이해하고 있으며, 현재로서는 고가의 'VES-LMC'공법을 적용하고 있는 실정이다.

하지만, 본 기술의 개발이 완료될 경우, 아스팔트 교면포장의 예방적 유지보수 공법 적용으로 교면포장의 공용수명을 조금씩 증진시킬 수 있으며, 이는 도로공사 유지보수 예산을 획기적으로 절감할 수 있기 때문에 본 기술의 교면포장 적용 및 활용도는 매우 높다고 할 수 있다.

또한 본 장비의 소형화를 통하여 유지보수 작업이 어려운 협소한 장소에서도 시공이 가능할 것으로 본다. 현재, 도로 이외의 단지 및 공공시설 등의 아스팔트 포장 구역은 파손이 발생하였을 경우 대부분이 방치되어 있거나, 보수작업을 실시하기에도 장소가 협소하여 쉽게 보수작업이 이루어지지 않는 실정이다. 따라서 본 공법의 적용이 가능한 소형장비를 추가적으로 개발한다면, 도로 유지보수 시장 이외의 소규모의 새로운 유지보수 시장의 확보가 가능할 것으로 본다. 본 연구진은 연구 진행 결과에 따라서 장비의 경량화에 대한 추가적인 검토를 실시할 계획이다.

제 2 절 기대성과 및 파급효과

1. 기술적 측면

현재 국내에서는 균열셀링 공법 이외에 도로포장의 예방적 유지보수 공법을 실시하고 있는 경우는 거의 없다. 또한 아직까지 국내에서 도로를 유지 관리하는 담당자들은 예방적 유지관리에 대한 이해도가 낮고 새로운 기술을 적용하는 것을 꺼리는 것이 현실이다.

이러한 측면에서 본 기술이 개발되면, 도로포장의 유지보수 개념이 변화할 수 있는 원천을 마련하는 것으로, 실제 적용효과 등을 검증하여 새로운 유지보수 기술을 축적할 수 있을 것으로 판단된다. 아울러, 본 기술에서 적용하고자 하는 포그셀/샌드셀 공법뿐만 아니라 타 예정적 유지보수 공법의 기술개발이 추가적으로 진행될 수 있는 기틀을 마련할 수 있다는 측면에서 본 기술의 기대성과 및 파급효과는 매우 크다고 할 수 있다.

2. 경제·산업적 측면

예방적 유지보수 공법이 효과적으로 적용되면 기존 도로보수에 투입되던 보수비용의 상당부분을 절감할 수 있다. 현재까지 적용해온 전통적 보수방법은 파손이 발생한 뒤 보수하는 방법으로, 이는 비용적인 측면에서 예방적 유지보수 공법에 비해 많은 비용이 소모된다. 또한 예방적 유지보수 공법을 적용하게 되면 높은 공용성능을 발휘하는 도로를 사용자(국민)에게 꾸준히 제공하게 되기 때문에 건설부문의 대 국민 신인도를 증가시키는데 효과적이라 할 수 있다.

3. 관련 후속연구개발의 전망

본 기술이 성공적으로 정착된다면 타 연구기관 및 관련업계에서의 후속적인 도로포장의 예방적 유지보수에 적극적인 참여가 이루어질 것으로 판단된다. 본 기술에 적용된 포그셀/샌드셀 공법용 장비 이외에 또 다른 예방적 유지보수 공법의 적용을 위한 장비의 개발이 활발하게 진행될 것으로 본다. 또한 기존의 유지보수 공법에서 한층 더 효율적이고 경제적인 예방적 유지보수 공법의 개발이 진행될 수 있을 것으로 본다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

없 음

제 7 장 참고문헌

1. 건설교통부. 2001. 2000 도로포장관리시스템 최종보고서. 한국건설기술연구원.
2. MDOT 2000, Best Practices Handbook on Asphalt Pavement Maintenance. LTAP Program Center for Transportation Studies, University of Minnesota, MN.
3. AASHTO. 1993. Guide for Design Pavement Structures. AASHTO, Washington, DC.
4. AASHTO. 1987. Maintenance Manual. AASHTO, Washington, DC.
5. Asphalt Institute(AI). 1996. Asphalt in Pavement Maintenance. Manual Series No. 16, Third Edition. Asphalt Institute, Lexington, KY.
6. Asphalt Institute(AI). 1997. A Basic Emulsion Manual. Manual Series No.19, Third Edition. Asphalt Institute, Lexington, KY., and the Asphalt Emulsion Manufacturers Association, Annapolis, MD.
7. BBA(British Board of Agreement). 2000. Guideline Document for the Assessment and Certification of Thin Surfacing Systems for Highways. British Board of Agreement, Watford, UK..
8. Caltrans. 1996. Pavement Maintenance & Rehabilitation. A workshop for the California Transportation Commission, Sacramento, California.
9. Chong, G. 1990. "Route and Seal Cracks in Flexible Pavement- A Cost Effective Preventive Maintenance Procedure." NCHRP Synthesis of Highway Practice 193: Transportation Research Board, Washington, DC.
10. City of Belford. 1997. Street Condition Report. Public Services Department, Engineering Division, Belford, Texas.

11. Clark, R. Integrating Maintenance and Pavement Management. Presentation at the Forum for the Future, Kansas City, MO, October 26-28, 1998.
12. Denehy, E. j. 1997. "Implementing New York Department of Transportation's Pavement Preventive Maintenance Program." Transportation Research Record 1597, Transportation Research Board, Washington, DC.

주 의

1. 이 보고서는 국토해양부에서 시행한 ‘포장의 예방적 유지관리를 위한 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발’ 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토해양부에서 시행한 ‘포장의 예방적 유지관리를 위한 포그셀/샌드셀 공법의 시공장비 개발’ 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.