

## 아스팔트 긴급보수용 스프레이 패칭 장비 개발 및 현장 적용성 평가

### Development of a Spray-Injection Patching System and a Field Performance Evaluation of 100% RAP Asphalt Mixtures using a Rapid-Setting Polymer-Modified Asphalt Emulsion

한수현	Han, Soo Hyun	경희대학교 공과대학 도로연구실 석사과정 (E-mail : hansoohyuns@khu.ac.kr)
이상염	Lee, Sang Yum	정회원 · 인덕대학교 건설정보공학과 조교수 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)
이석근	Rhee, Suk Keun	정회원 · 경희대학교 공과대학 사회기반시스템공학과 교수 (E-mail : skrhee@khu.ac.kr)
권봉주	Kwon, Bong Ju	정회원 · (주)오에이티엠엔씨 연구개발 팀장 · 교신저자 (E-mail : oatkwon@naver.com)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** The purpose of this study was to develop an urgent road-repair system and perform a field applicability test, as well as discover the optimum mix design for machine applications compared to the optimum mix design for lab applications.

**METHODS :** According to reviews of the patent and developed equipment, self-propelled and mix-in-place equipment types are suitable for urgent pavement repair, e.g., potholes and cracks. The machine-application mix design was revised based on the optimum lab-test mix design, and the field application of a spray-injection system was performed on the job site. The mixture from the machine application and lab application was subjected to a wet-track abrasion test and a wheel-tracking test to calibrate the machine application.

**RESULTS and CONCLUSIONS :** This study showed that the binder content could differ for the lab application and the machine application in the same setting. Based on the wet-track abrasion test result, the binder contents of the machine application exceeded the binder contents of the lab application by 1-1.5% on the same setting value. Moreover, the maximum dynamic stability value for the machine application showed 1% lower binder contents than the maximum lab-application value. Collectively, the results of the two different tests showed that the different sizes and operating methods of the machine and lab applications could affect the mix designs. Further studies will be performed to verify the bonding strength and monitor the field application.

#### Keywords

*Reclaimed asphalt pavement (RAP), cold recycling, asphalt emulsion, wet-track abrasion test, spray injection*

Corresponding Author : Kwon, Bong Ju, R&D Manager  
OAT M&C 10-5, Dogok-ro 64-gil, Songpa-gu,  
Seoul, 05573, Korea  
Tel : +82.2.421.0877 Fax : +82.2.421.0925  
E-mail : oatkwon@naver.com

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ksre.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (Print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jan, 08, 2018 Revised Jan, 09, 2018 Accepted Jan, 30, 2018

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

우리나라 도로는 해빙기와 호우기간을 거치면서 포장 도로면에 항아리 모양의 웅덩이가 발생하는 포트홀로

인해 도로 교통사고를 유발하여, 이로 인한 사회 경제적 인 피해가 증가하고 있다. 영국, 한국 등 여러 나라에서도 도로표면에 발생하는 수많은 포트홀을 효율적으로 관리하기 위해 고민 중이나, 획기적인 방법을 찾지 못하

고 있다. 포트홀이 발생하는 요인은 여러 가지로 설명되는데, 계절적 기후변화로 도로 포장상태를 고인성으로 유지하지 못하는 자연적인 영향, 그리고 석유 정제기술의 발달로 인하여 도로포장에 사용되는 아스팔트의 품질이 저하되어 아스팔트 강도 저하로 포트홀이 발생된다는 지적도 있다(Korea, 2015).

이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량 급증으로 온실가스 증가에 따른 지구 온난화 등 급격한 기후환경 변화로 인류에 막대한 피해를 주고 있다. 이에 따라 교토의정서 가입국들은 탄소배출권을 통하여 온실가스의 대부분을 차지하는 이산화탄소의 배출 제한을 통하여 환경 보호에 임하고자 하고 있다(Noh et al., 2004).

최근 기후변화와 교통량의 증가 및 공용차량의 대형화로 인해 도로포장의 영구변형, 균열 및 포트홀 등의 파손이 빈번히 발생하고 있다. 이러한 포장 파손 중 대표적인 국부적 파손형태인 포트홀은 수분, 동결융해 작용, 교통량, 연약지반의 지지력 등 여러 인자들이 복합적으로 작용하여 생성된다. 특히 포트홀은 도로 이용자에게 심각한 사고를 초래할 수 있으므로, 안전성과 주행성에 위험을 주는 요소로 판단되는 즉시 긴급보수를 수행하여야 한다(Hwang et al., 2005).

국토교통 통계누리 자료에 의하면 2013년도 한해 328,472개소의 포트홀 보수가 진행하였으며, 비용으로는 185.26억원을 투입하였으며, 2014년도는 257,750개소 182.67억원, 2015년도는 285,137개소 207.09억 원을 투입하여 긴급보수가 진행되고 있는 실정이다(MOLIT, 2016).

최근 국내의 도로는 급격한 교통량 증가 및 기상이변에 따라 포장의 조기파손 및 공용수명이 단축되고 있다. 또한 잦은 지하매설물 굴착공사 및 포장정비 공사로 페아스콘 발생량이 지속적으로 증가하고 있으며 그 결과 페아스콘 처리가 환경 및 경제적인 문제로 대두되고 있다(Cho et al., 2016).

국내에서 도로 보수공사에 발생하는 페아스팔트 콘크리트를 이용한 실험 결과 신규골재보다 아스팔트 함량을 1~2% 저감할 수 있어 지속적으로 경제성 확보가 가능하며 기존 혼합물과의 동등한 품질기준 확보가 가능하다고 제시하고 있다(Lim et al., 2016).

따라서 본 연구에서는 페아스콘을 활용한 아스팔트 도로의 긴급보수용 스프레이 패칭 장비 시스템 개발과 그 적용성을 검증하는 것에 목표를 두고 있다. 긴급보수용 시공 장비 개발에 앞서 문헌 및 특허 조사와 국내외 긴급도로 유지보수 장비 현황 조사를 통해 개발하고자

하는 긴급보수용 스프레이 패칭 장비 구상안을 설계하였다. 구상안에 대한 전문가 자문회의 및 현장 실무자 인터뷰를 통해 긴급보수용 스프레이 패칭 장비의 설계를 개선하였다. 그 과정에서 순환골재(RAP)를 사용한 Spray Injection 방식의 현장 긴급 보수가 가능한 혼합물의 적용성을 평가하기 위해 실내와 현장에서의 비교 시험으로 혼합물에 따른 내구성 평가 및 분석을 수행하고자 한다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

긴급보수용 시공장비 및 시스템 개발 연구에 해당하는 장비 개발을 위해 기존 문헌들을 조사하고 국내외 기술 및 장비의 현황을 분석하였다. 이를 통해 아스팔트 긴급보수용 스프레이 패칭 장비의 설계 방향과 기능의 장착 방식을 결정하여 장비의 개발을 계획하고 개발 재료의 적용성 평가를 진행하고자 한다.

순환골재(RAP)를 사용한 혼합물의 적용성 검토를 위하여 실내와 현장의 시험을 비교 분석하고자 한다. Table 1과 같이 습윤마모저항성 측정 및 동적안정도 시험을 진행하였으며, Table 2에 주요 변수와 시험 내용을 요약하였다.

Table 1. Flow Chart

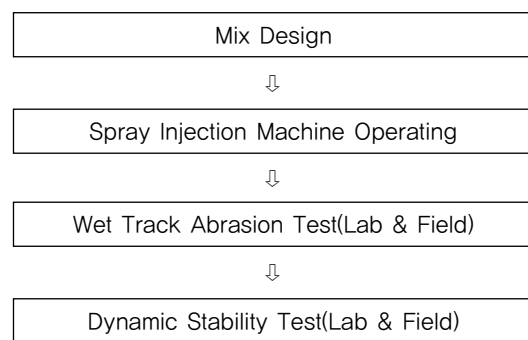


Table 2. Experimental Plan

Test factors		Test values
Mix design	Binder type	• CSS-1h
	Binder content	• 6, 7, 8, 9, 10, 11 %
	Aggregate type	• Recycle aggregate(RAP)
	Aggregate size	• 2-5mm
Tests	Test type	• Lab • Field
	Wet track abrasion	• Curing condition : 25°C for 24hour
	Dynamic stability	• Curing condition : 25°C for 24hour

## 2. 기존 문헌조사 및 국내외 기술개발 동향

긴급보수용 시공장비 및 시스템 개발연구를 진행하면서 국내외 개발 기술 및 개발 장비를 조사 분석하였다.

### 2.1. 보수방법

Strategic Highway Research Program(SHRP)에서 3종류의 긴급도로 보수방법에 대한 설명과 객관적인 평가를 Table 3에 요약하였다.

Table 3. Repair Method (Karlsruhe Institute, 2015)

Repair method	Description
Throw and Roll	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temporary repair</li> <li>• No previous preparation</li> <li>• Truck tyres compaction</li> </ul>
Semi-permanent Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Increases performance, Raises cost</li> <li>• Preparation necessary</li> <li>• Forming until vertical reasonable pavement</li> </ul>
Spray Injection Method	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No compaction</li> <li>• Blow water and debris</li> <li>• Any weather</li> <li>• Spray tack coat binder</li> <li>• Cover layer of aggregate</li> </ul>

첫 번째 방법으로 가장 일반적인 포트홀 보수 방법인 Throw and Roll 공법은 물과 잔해물의 영향을 받지 않고 파손부위에 보수재를 채우고 트럭으로 다짐한 후에 다음 보수 지점으로 이동하는 공법이다. 시공시 주의할 점은 다짐된 부위를 봉우리 모양으로 쌓아 두어 교통 개방 후 교통하중에 의해 추가 다짐이 이루어지도록 해야 한다고 제시하고 있다.

두 번째 방법으로 Semi-Permanent 공법은 파손부위를 보수재로 채우기 전 물과 잔해물을 제거하고 단부를 정리한 후에 보수재를 채워 다짐기 등으로 다짐을 하고 다음 보수 지점으로 이동하는 공법이다. 이는 Throw and Roll 공법보다 수명에 있어 더 우수하지만 많은 작업인원과 장비를 필요로 하므로 생산성이 낮은 단점을 가지고 있다.

세 번째 방법으로 Spray Injection 공법은 보수 부위에 공기를 불어 물과 잔해물을 제거하고 바인더를 분사해 텍코팅한 후 노즐 안에서 혼합된 아스팔트 바인더와 골재를 채우고 골재층으로 보수면을 덮는 공법이다. 보수가 깔끔하게 이루어지며 보수재료 투입 후 작업인원과 장비의 철수와 동시에 보수구간을 개방할 수 있는 장점이 있다. 보수 작업은 자동 분사차량과 인력을 이용하여 진행되고, 적은 작업인원과 장비가 사용되어 다른 공

법들에 비하여 상대적으로 안전한 장점을 제공한다고 하였다(Wilson et al., 1993).

### 2.2. 국내외 연구 및 기술산업동향

상온식 재생아스콘 제조 장치의 특허 기술 동향의 경우 설비가 설치된 특정장소에서 혼합하는 방식의 장비가 주를 이루었고 차량이 아니므로 이동성에 제약이 있었다. 다목적 도로관리 분야 특허 동향의 경우에는 관리차량에 여러 가지 기능을 탑재할 수 있다는 장점이 있었다. 하지만 대부분 보수나 제설 또는 물청소의 목적을 위해 상황에 맞게끔 지속적인 장비의 부분적인 교체가 필요했고, 교체장비의 보관 및 관리 차원에서 번거로움이 요구될 것으로 보여졌다. 소파보수 및 긴급보수장비 관련 특허 동향의 경우 정교한 절삭장치와 아스콘 배출 형식의 덤프 차량이 대부분이었다. 일반적으로 소파, 긴급보수 장비가 가열식 아스콘을 상차 또는 식은 아스콘을 재가열하는 방식으로 개발되어 있는 것을 확인하였다. 본 과제에서 개발 중인 보수 재료를 상온에서 현장 배합 및 시공할 수 있는 장비 형태의 특허는 찾을 수 없었다. 그러므로 상온식 재생아스콘을 활용해 소파보수, 긴급보수를 하는데 있어 필요한 상차기능과 혼합기능, 배출기능을 갖춘 단일 장비의 개발을 계획하였다.

### 2.3. 국내외 보수장비 형태별 분류

Fig. 1에서는 특허 동향 조사를 바탕으로 좀 더 다양한 형태의 장비를 조사하기 위하여 국내외 긴급 도로 유지보수 장비를 기능과 형태에 따라 분류하여 개략적으로 구분하여 나타내었다. 또한 각각의 기능과 형태에 따라 장단점을 기술하여 구분하였다.



Fig. 1 Equipment Types

Fig. 2에 나열한 장비들은 자가 이동이 가능하고 사전에 보수재료를 상차하거나 준비하는 방식의 유지보수 장비이다. (a)는 국외의 가열식 도로 유지보수 장비이며 1~2ton의 소규모 포설 후 다짐이 가능하고 이동성이 용이하다. (b)는 국내에서 제작된 가열식 도로 유지보수 장비로서 (a)와 유사한 소규모 장비이며 기동성이 우수한 장비로 구성된다. 반면 (a)와 다른점은 별도의 다짐이 필요한 시스템이다. (a), (b) 장비는 상차식 형태로 아스팔트 생산 공장에서 제품을 수급해 미리 저장해야 하며 이에 따른 현장 반입이 비효율적이라 판단된다.



Fig. 2 Self Propelled and Mix-in-plant Type Equipments

Fig. 3은 트레일러 형태로 트럭 등의 차량에 정착하여 이동한 후 보수재를 공급하는 형태의 장비이다. (a), (b) 모두 국외의 도로 유지보수 장비이며 운행 차량에서 독립된 장비형태로 가열아스콘 또는 페아스콘을 가열하여 사용하는 장비이다. 견인식 장비는 트레일러와의 정착 및 운행성이 우수하지만 자주식 장비에 비해 규모의 대형화로 현장에서의 이동성에 취약하다는 단점을 확인하였다.



Fig. 3 Trailer and Mix-in-plant Type Equipments

Fig. 4의 (a), (b)는 유럽에서 사용하는 상온식 도로 유지보수 장비로 신규골재를 활용하여 포트홀 및 성능이 저하된 표면을 박층으로 보수하는 시스템이다. (c)의 경우 유럽의 Warm 믹스 형식의 도로 유지보수 장비이며 가열된 유제를 사전에 도포하고 골재를 포설하는 방식이다. 모든 장비는 자가 주행이 가능하여 분산된 현장

보수능력이 우수하다. 또한 현장 혼합 또는 현장 살포 작업이 진행되어 각각 재료의 효과적인 활용이 가능하고 다양한 도로 파손형태에 적용성이 우수하고 잔여 폐기물이 없다고 조사되었다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Self Propelled and Mix-in-place Type Equipments

Fig. 5의 (a)는 국외의 상온식 도로 유지보수 장비이며, (b)는 국외의 가열식 도로 유지보수 장비이다. 근거리의 기동성은 좋으나 타현장 이동 시 이동성이 낮은 것이 단점이지만 현장 배합이 가능하고 균질한 품질이 확보된다는 것이 우수한 장점이라고 할 수 있다. 상차식의 자주식과 견인식 장비의 경우 현장배합이 아니기 때문에 페아스콘 활용은 부적합하며 대부분 가열식 장비로 구성된다고 조사되었다. 또한 현장 배합식을 참고해 본 연구에서 개발한 방향에 중요한 요소가 되었다.





(a)



(b)

Fig. 5 Trailer and Mix-in-place Type Equipments

### 3. 재료 및 장비 개발의 세부 내용

#### 3.1. 긴급도로 보수재료

##### 3.1.1. 바인더의 물리적 성질

본 연구에 사용되는 개발재료의 물성은 ASTM D 2397d에 따라 평가 되었으며 그 결과는 Table 4와 같다. 세이볼트 퍼콜은 27.0, 저장 안정도는 0.10, 입자의 전하는 양이온계, 체잔류분은 0, 시멘트 혼합 시험은

Table 4. Emulsified Asphalt Property Test (CSS-1h)

Test items	Criteria	Test result
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F) SFS	20~100	27
Storage stability test, 24-h, % <sup>A</sup>	1 max	0.10
Particle charge test	+	+
Sieve test, % <sup>A</sup>	0.1 max	0
Cement mixing test, %	2.0 max	0.60
Residue, %	min 57	60
Penetration, 25°C (77°F), 100g, 5s	40~90	58
Ductility, 25°C (77°F), 5cm/min, cm	min 40	78
Solubility in trichloroethylene, %	min 97.5	99.3

<sup>A</sup> This test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

0.60, 증발잔류분은 60, 침입도는 58, 신도는 78, 삼염 화에틸렌 가용분 99.3%로 나타났다. 이처럼 품질기준에 만족하는 결과값을 토대로 현장 적용에 문제가 없다고 판단하였다.

##### 3.1.2. 순환골재(RAP) 물리적 성질

Table 5에서 비중은 2.20g/cm<sup>3</sup> 이상 확보되어야 하며 시험결과 2.62g/cm<sup>3</sup> 확인되었으며 흡수율은 3.63%, 굵은골재 최대치수는 98.0%로 품질기준에 모두 만족하는 결과를 확인하였다.

Table 5. Aggregate Properties of RAP

Test items	Criteria	Test result
Density, g/cm <sup>3</sup>	min 2.20	2.62
Absorption, %	7.0 max	3.63
G. max, %	min 90	98.0

### 3.2. 보수장비

#### 3.2.1 장비의 기본설계

본 연구는 페아스콘을 활용하여 아스팔트 콘크리트 도로에 발생한 포트홀 및 다양한 파손부를 신속하고 균질한 품질로 신속하게 긴급보수할 수 있는 시스템을 구축하기 위한 최적의 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해 개발하는 장비의 형태를 자주-현장배합시스템으로 결정하고 시공성을 고려한 세부적인 장치 구성을 진행하였다.

#### 3.2.2. 개발장비의 주요구성

Fig. 6은 본 장비의 호퍼형 적재함으로써 자재의 자중에 의해 적재함 하단에 위치한 배출라인으로 자재의 배출이 용이하도록 설계되었다. 또한 적재함은 2~5mm의 잔골재와 5~8mm 굵은 골재를 분리해 적재하여 보수 시 순서에 맞게 배출되도록 설계하였다. 하단의 플레이트는 바닥면과 약 4° 각도로 기울어져 있어 토출구로의 배출이 용이하여 적재된 자재의 사용량을 최대화 하였다. 적재함 상단에 설치된 도어 캡은 적재함과 맞닿는 면에 밀봉을 위한 고무가스켓이 부착되어 있다. 이에 도어 캡을 닫고 적재함을 밀봉한 뒤 블로워의 가압으로 적재함 내부의 자재를 토출라인으로 분사시킨다. 블로워의 가압 시 도어 캡의 밀봉은 도어 캡의 상단에 장착된 유압실린더의 가압으로 밀봉을 유지한다. 배출배관의 내측 안에 적재함 내부 상부 쪽과 연결되는 pipe라인을 설치하여 적재함에서의 가압되는 압력을 배출배관에 전

달하여 자재의 배출 시 분사압력을 높여준다.

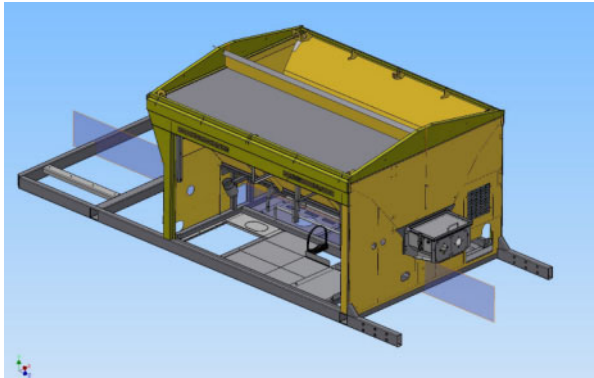


Fig. 6 Mixing Module Hopper Concept Design

Fig. 7은 믹싱모듈로서 페아스콘 골재와 바인더 탱크의 에멀션과 바인더를 혼합하여 분사하는 장치이다. 작업의 첫 번째 단계로 호퍼탱크로부터 가압되는 통풍을 이용하여 작업해야 할 포장도로 파쇄 부분을 분진이 없도록 청소를 하고 두 번째 단계로 호퍼탱크로부터 이송되는 페아스콘 자재를 포장도로 파쇄부분에 살포한다. 살포되는 페아스콘 자재는 호퍼탱크 하단에 있는 스크류 컨베이어의 회전속도에 의해 조절된다. 페아스콘 자재의 살포와 같이 하여 용재 탱크로부터 각각 토출라인에 연결되어 있는 호스를 통하여 용재를 분사하여 페아스콘과 혼합되도록 한다. 각각의 용재들은 호스와 연결된 노즐을 통하여 분사되고, 호스와 탱크의 연결부에 있는 컨트롤 밸브로 바인더량 조절이 가능하다.

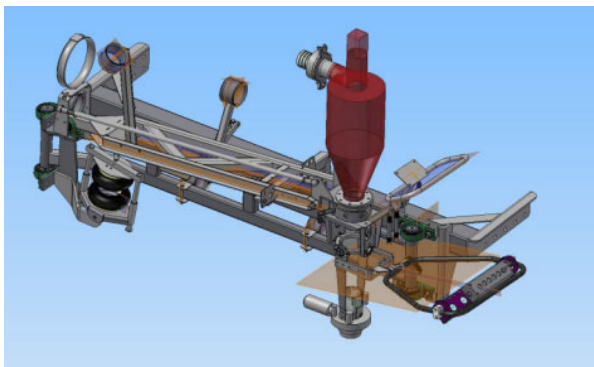


Fig. 7 Outlet and Operating System

### 3.2.3. 개발장비의 적용순서

Fig. 8과 같은 공법의 전개로 이루어지도록 설정하였으며, Fig. 9와 같이 현장에서 적용하였다.



Fig. 8 Production of Equipment and Prototype

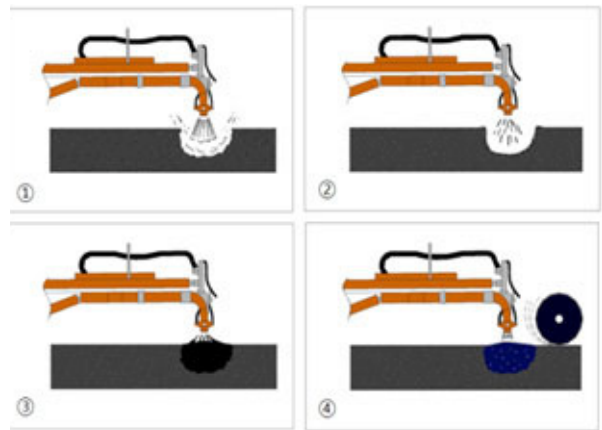


Fig. 9 4 Steps of Spray Injection System

#### ① 단계- 바탕처리(Air-Cleaning)

블로워에 의해 가압된 공기를 포장도로의 파단부분에 분사하여 파단면에 잔재하는 흙 및 먼지, 불순물 등을 제거한다.

#### ② 단계- 프라이머 도포

불순물이 제거된 포장도로의 파단면에 용재탱크로부터 가압된 바인더를 파단면에 골고루 도포한다.

#### ③ 단계- 혼합물 포설

페아스콘 골재를 호퍼탱크 적재하고 페아스콘 골재를 스크류 및 파이프를 통해 이동된다. 이와 동시에 에멀전 탱크에서 이동된 에멀전을 믹싱모듈 장치를 통해 분사하여 이동된 페아스콘 골재와 혼합되도록 한다. 또한 2개의 호퍼에서 2~5mm, 5~10mm 골재를 필요에 따라 사용이 가능하다.

#### ④ 단계- 골재 살포

혼합물이 굳기에는 표준 양생시간이 필요하므로 긴급 보수된 표면에 2~5mm 페아스콘 골재를 살포하여 점착력을 감소시켜준다.



Fig. 10 Field Application of Spray Injection System

### 3.3. 배합설계에 따른 혼합모듈장치 평가

Fig. 11은 현장적용 장비에서 배합한 혼합물과 실내에서 배합한 혼합물의 비교 시험을 통해 장비에서 생산된 혼합물이 실내 시험과 유사하게 생산되는지 확인하고자 하였으며 바인더 함량을 6~11%로 고정하여 진행하였다. 실내에서 진행한 시험은 생산 후 몰드를 만들었으며 현장의 혼합물은 생산 후 실내에 반입하여 몰드를 만들어 비교 평가하였다.

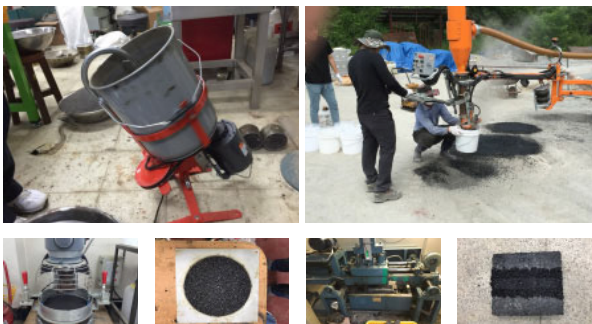


Fig. 11 Lab of Field Comparison Test

#### 3.3.1. 배합비 설정

배합비 설정은 Table 6과 같이 진행하였으며 2~5mm 순환골재(RAP)와 CSS-1h 유화 아스팔트를 이용하여 습윤 마모 저항성과 동적 안정도 시험을 수행하였다.

#### 3.3.2. 실험계획

실내에서 시험과 실외에서 진행한 믹싱모듈시스템을 가지고 시험시공한 혼합물에 대하여 습윤마모시험, 동적안정도를 진행하였으며 품질기준은 Table 7과 같다.

Table 6. Mix Design

Mixture	Test type	Binder content (%)	Aggregate type	Aggregate size (mm)	Additives content (%)
A(1)-1	Lab	6	RAP	2-5	20
A(1)-2		7			
A(1)-3		8			
A(1)-4		9			
A(1)-5		10			
A(1)-6		11			
B(1)-1	Field	6	RAP	2-5	20
B(1)-2		7			
B(1)-3		8			
B(1)-4		9			
B(1)-5		10			
B(1)-6		11			

Table 7. Specification of Cold Mixed Asphalt for Urgent Repair

Test items	Standard value
Wet track abrasion, g/cm <sup>2</sup>	under 0.080744
Dynamic stability, 25°C, cycle/mm	over 750

#### 3.3.3. 습윤 마모 시험

습윤 상태의 마모 저항성과 최적 아스팔트 함량 결정을 위하여 HOBART A-120 장비를 이용하여 진행하고 ASTM D 3910에 준하여 수행하였으며 다만 양생온도 및 실험조건을 현장에 적합하게 Table 8과 같이 변경하여 수행하였다.

Table 8. Testing Method Comparison for WTAT

Test items	This research	ASTM 3910
Curing condition	25°C for 24 hour	60°C for 15-24 hour
Water bath	Test right after curing	Test after 60-75min
Dry to constant	25°C for 25-48 hour	60°C for Absolute dry time

#### 3.3.4. 동적안정도 시험

혼합물의 변형량을 평가하기 위하여 KS F 2374에 준하여 실시하였으며 시험 온도는 25°C에 진행하였다. 동적안정도 시편은 Fig. 13과 같이 밀입도 아스콘으로 300×300×50mm 밀판을 제작 후 노치를 형성하고 순환골재(RAP) 혼합물을 Fig. 12와 같이 두께 20mm, 폭 100mm, 연장 300mm로 보수·복구하여 포트홀에 대한 모사 실험을 진행하여 동적안정도를 평가하였다.



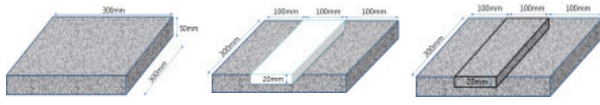


Fig. 12 Dynamic Stability Molding

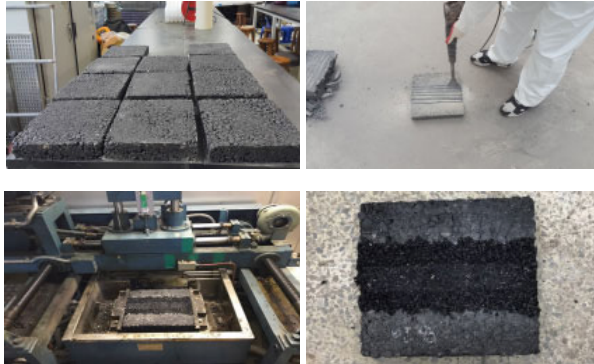


Fig. 13 Dynamic Stability Test

### 3.3.5. 실험 결과

실내 시험과 현장 시험을 비교하여 혼합물의 토출량 및 바인더의 적정량을 평가하기 위하여 바인더 함량은 6~11% 설정하였으며, 습윤 마모 저항성 및 동적 안정도를 평가하여 시공성 및 혼합물의 물리적 성질을 검증하였다.

#### 1) 습윤 마모 시험

습윤 마모 저항성 시험은 실내에서 제작된 시편과 현장 장비에 의해 생산된 시편을 가지고 제작하여 25℃에서 24시간 양생 후 Table 9와 같은 결과를 확인하였다.

Table 9. Wet Track Abrasion Test Result

Mixture	Abrasion loss (g/cm <sup>2</sup> )	
	Lab	Field
A(1)-1	0.083	-
A(1)-2	0.072	-
A(1)-3	0.054	-
A(1)-4	0.027	-
A(1)-5	0.020	-
A(1)-6	0.020	-
B(1)-1	-	0.075
B(1)-2	-	0.058
B(1)-3	-	0.030
B(1)-4	-	0.022
B(1)-5	-	0.022
B(1)-6	-	0.021

Fig. 14와 같이 실내와 현장의 비교 시험결과 실내의 경우 바인더 6%에서 0.083g/cm<sup>2</sup>으로 품질기준에 만족하지 못하는 것을 확인하였으나 이후 모든 변수에서는 품질기준에 적합하게 평가되었으며 9% 이상에서는 바인더 함량이 증가하여도 습윤 마모 저항성이 거의 동등하거나 소폭 감소함을 확인하였다. 다만 장비에서의 바인더 토출 함량이 실내와 비교하였을 경우 1% 정도 과다하다는 결과를 확인할 수 있었다. 이 시험을 바탕으로 장비에서 바인더 토출량을 1% 감소시켜 혼합물을 생산한 결과 실내와 유사한 습윤 마모 저항성 시험 결과값을 확인하였다.

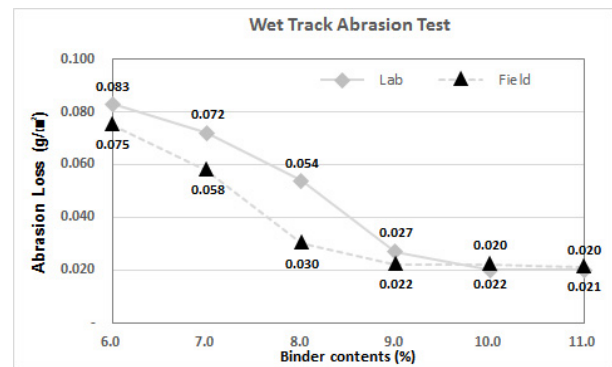


Fig. 14 Lab and Field Test Result

#### 2) 동적 안정도

포트홀 형상을 모사한 시험용 밀판에 실내에서 시험한 혼합물과 장비에서 생산된 혼합물을 노치에 보수하여 25℃에서 시험하고 KS F 2374 준하여 실시하였으며 Table 10과 같은 결과를 확인하였다.

Table 10. Dynamic Stability Test Result

Mixture	Dynamic stability (Cycle/mm)	
	Lab	Field
A(1)-1	1,324	-
A(1)-2	1,990	-
A(1)-3	2,425	-
A(1)-4	2,133	-
A(1)-5	1,612	-
A(1)-6	853	-
B(1)-1	-	1,917
B(1)-2	-	2,320
B(1)-3	-	2,114
B(1)-4	-	1,688
B(1)-5	-	822
B(1)-6	-	327



Fig. 15와 같이 실내와 현장의 동적 안정도를 6~11% 바인더 함량을 가지고 비교 평가하였다. 바인더 함량 6%에서는 시공성 및 성형성이 부족하였으며 11% 이상에서는 바인더 과다로 동적 안정도 결과가 감소하거나 기준 이하의 값을 확인할 수 있었다. 또한 현장과 실내 시험의 결과를 비교하면 습윤 마모 시험의 결과와 비슷하게 현장에서 생산된 혼합물이 실내 시험의 바인더 함량에 비해 1% 정도 과다한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이는 현장 배합 시 1% 정도의 바인더 함량을 조절하여 수행한 결과 실내 시험과 유사한 결과를 확인하였다.

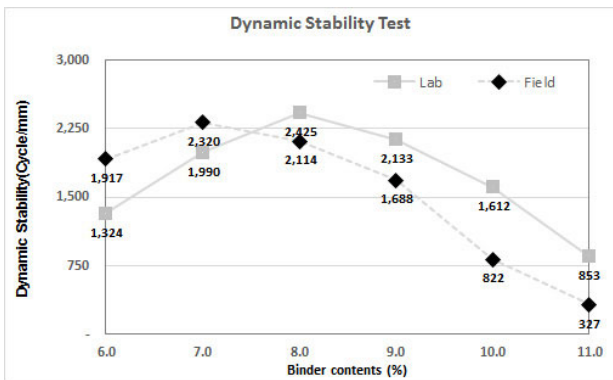


Fig. 15 Lab and Field Test Result

#### 4. 결론

본 연구에서는 순환골재(RAP)를 사용하여 현장 긴급 보수가 가능한 혼합물의 적용성을 평가하고자 Spray Injection 방식을 사용하였으며 습윤 마모 시험 및 동적 안정도를 실내와 현장에서 비교 시험 평가하였으며 다음과 같은 결과를 확인하였다.

1. 습윤 마모 저항성 평가에서는 바인더 함량 6%에서는 다소 불안정 또는 품질기준에 부적합한 결과를 얻었으나 바인더 함량이 증가할수록 안정된 습윤 마모 저항성을 확인하였다. 또한 현장에서 생산된 혼합물이 실내 평가에 대비하여 1% 정도 바인더가 과다 투입된 것으로 보이며 이는 장비 케리브레이션에 의한 오차 때문이라고 판단하였다. 이를 조정하여 보정 후 진행된 결과 유사한 성질을 확인하였다.
2. 동적 안정도는 6% 바인더 함량에서도 품질기준 750cycle/mm 대비 1.76배 이상의 결과를 확인하였다. 바인더 함량이 증가할수록 결과도 증가하였으나 실내 9%, 현장 8%로부터 점차적으로 감소되고 있으

며 현장에서 생산된 11%의 혼합물에서는 부적합한 결과를 보였다. 또한 습윤 마모 저항성 시험과 동일하게 현장에서 생산된 혼합물이 1% 정도의 바인더 과다 투입으로 보여지는 결과를 확인하였다. 이 또한 마찬가지로 습윤 마모 저항성 평가에서와 같이 장비 케리브레이션에 의한 오차와 비슷하다고 판단하였다.

그러나 본 연구는 혼합물의 실내 시험과 현장 시험의 습윤 마모 저항성, 동적 안정도에 대한 상대적 비교이며 향후 코어링 부착강도, 교통개방시간, 경제성 등을 평가하고 공용성능에 대한 연구가 추가로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 교통물류사업인 “온실가스 배출 최소화를 위한 친환경 포장도로 연구”의 연구지원으로 수행되었으며 이에 관계자 분들께 감사드립니다.

#### REFERENCES

Cho, Hyo Jin., and Jang, Y.I. (2016). *An Experimental Study on Properties of Recycled Cold Asphalt Paving Mixtures with Non-Cement and Recycled Aggregates*, Thesis of Master Degree, Chungnam National University.

Hwang, S. D., Rhee, S. G., Kim, Y. M., and Lee, J. I. (2005). *Evaluation of emergency pothole repair material for Asphalt Pavements using polyurethane*, Annual domestic conference of the Korean Society of Civil Engineering, pp.5303-5306.

Korea Institute of Construction Technology (KICT) (2015). *Development of Pothole-Free Smart Quality Terminal(2nd year)* (in Korean).

Lim, J. U., Kwon, B. J., Kim, D. Y., Lee, S. Y., and Rhee, S. K. (2016). “Performance Evaluation of 100% RAP Asphalt Mixtures using Rapid-Setting Polymer-Modified Asphalt Emulsion for Spray Injection Application”, *Journal of Korean Society of Road Engineers*, Vol.18, No.2, pp.61-71.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Available at: <http://stat.molit.go.kr> (Accessed: December, 2016).

Noh, D. Y., Gang, Y. J., and Sin, J. S. (2004). *Influence of policy for reducing emission to productivity of manufacturing business*, Korea Energy Economics Institute, Research Report.

Wilson, T. P., and Romine, A. R. (1993). *Innovative Materials Development and Testing Volume2: Pothole Repair*, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington DC.