

# 아스팔트포장의 표면처리에 사용되는 유화아스팔트의 접착력 특성 평가

## Bond Strength Evaluation of Asphalt Emulsions used in Asphalt Surface Treatments

임정혁 Im, Jeong Hyuk  
김영수 Kim, Y. Richard  
양성린 Yang, Sung Lin

정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : jhim@kict.re.kr)  
정회원 · 노스캐롤라이나 주립대학교 토목공학과 공학박사 · 석좌교수 (E-mail : kim@ncsu.edu)  
정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원 · 공학석사 · 교신저자 (E-mail : siyang@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** The objective of this study is to evaluate the bond strength of asphalt emulsions including polymer-modified emulsions for chip seals and fog seals using the bitumen bond strength (BBS) test.

**METHODS :** For the laboratory testing, the Pneumatic Adhesion tensile Testing Instrument(PATTI) device is used to measure the bond strength between the asphalt emulsion and aggregate substrate based on the AASHTO TP-91. In order to conduct all the tests in controlled condition, all test procedures are performed in the environmental chamber. The CRS-2L and the SBS CRS-2P emulsions are used as a polymer-modified emulsion, and then unmodified emulsion, the CRS-2, is compared for the evaluation of chip seal performance. For the fog seal performance evaluation, two types of polymer-modified emulsions and one of unmodified emulsion, the CSS-1H, are employed. For chip seal study, the BBS tests are performed at 30, 60, 120, and 240 minutes of curing times with curing and testing temperatures of 15°C, 25°C, and 35°C. The fog seal tests are conducted at 30, 60, 90, 120, 180 minutes, and 24 hours with curing and testing temperatures of 25°C, 30°C, and 35°C.

**RESULTS AND CONCLUSIONS :** Overall, chip seal emulsions and fog seal emulsions show the similar bond strength trend. At the same testing condition, polymer-modified emulsions show better bond strength than unmodified emulsions. Also, there is no significant difference between polymer-modified emulsions. One of important findings is that the most bond strength reaches their final bond strength within one hour of curing time. Therefore, the early curing time plays a vital role in the performance of chip seals and fog seals.

### Keywords

*asphalt emulsion, polymer-modified emulsion, bond strength, curing time*

Corresponding Author : Yang, Sung Lin, Research Specialist  
Highway Pavement Research Division, SOC Research Institute,  
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology,  
283, Goyangdae-Ro, Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do,  
411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0615 Fax : +82.31.910.0161  
E-mail : siyang@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received Aug. 18, 2014 Revised Aug. 19, 2014 Accepted Aug. 31, 2014

## 1. 서론

미국 포장도로의 일반적인 공용성이 악화됨에 따라 도로포장의 유지보수에 대한 관심이 증가하고 있다. 현재 사용되고 있는 여러 유지보수 공법들은 도로포장의 설계수명연장과 비용절감 등의 이유로 사용되고 있는 실정이다. 그러나 유지보수 공법은 파손유형에 따라 적

합한 공법을 선정해야 하며 적용시기 역시 적절하게 적용되어야 초기에 목표로 한 도로포장의 공용성능 및 비용절감 등의 효과를 얻을 수 있다. 유지보수 공법 중 하나인 칩실 공법은 현재 미국 주 교통국에서 공용 중인 도로포장의 유지보수를 위하여 사용하고 있으며 도로포장의 수명을 연장시키는데 효과적이고 경제적인 공법

으로 인식되어 있다.

저교통량 도로의 유지보수를 위한 칩실 공법 적용은 이미 일반화 되어 있으며, 중교통량 도로포장에도 점차 적용을 확산시키고 있다. 그러나 중교통량에 사용되는 칩실 공법은 골재의 탈리로 인한 도로의 구조적 문제와 주행 차량의 안정성 문제를 발생시킬 수 있는 단점을 가진다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 또 다른 유지보수 공법은 포그실 공법으로 일반적으로 칩실 시공에 사용되는 포그실은 표면 골재를 잡아주는(locking down) 역할을 하여 골재의 탈리를 방지하고 포장의 수명을 향상시킬 수 있는 유지보수 공법이다.

칩실과 포그실 공법의 공용성을 평가하기 위한 가장 대표적인 특성은 유화아스팔트와 골재 표면 사이의 접착력을 측정하여 평가하는 것이다. 주로 아스팔트 바인더 또는 유화아스팔트와 골재 표면의 접착력을 측정하기 위하여 PATTI(Pneumatic Adhesion tensile Testing Instrument) 장비가 사용되며, 시험방법은 AASHTO-TP 91에 규정되어 있다.

본 연구에서는 아스팔트 포장도로의 유지보수 공법으로써 칩실과 포그실의 공용성을 평가하기 위하여 대표적으로 사용되는 유화아스팔트와 골재를 선정하였으며 양생시간 및 온도변화에 따른 유화아스팔트와 골재 표면 사이의 접착력을 측정하였다.

## 2. 연구목적

대표적인 아스팔트 포장도로의 표면처리 공법인 칩실과 포그실 공용성에 가장 중요한 영향을 미치는 것은 사용되는 유화아스팔트와 골재와의 접착력 특성이다. 따라서 본 연구에서는 미국 노스캐롤라이나 주 도로교통국에 적용되고 있는 표면처리 공법(칩실 및 포그실)에 일반적으로 사용되는 유화아스팔트 종류에 따른 접착력 특성을 평가하고자 한다. 본 연구를 바탕으로 유화아스팔트의 접착력 특성은 향후 국내 아스팔트 도로의 유지보수를 위한 표면처리 공법에 중요한 참고자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 문헌고찰

### 3.1. 아스팔트 표면처리 포장의 파손종류

표면처리 공법을 적용한 아스팔트 도로포장의 공용성 평가를 위해서는 파손의 종류와 원인을 파악하는 것이 중요하다. 일반적으로 스트리킹(streaking), 플러싱

(flushing), 블리딩(bleeding), 골재탈리(aggregate loss)의 4가지 파손유형으로 구분되어지며 스트리킹은 기존 포장면과 신규 포장면이 서로 분리되는 현상으로 유화아스팔트가 불균질하게 시공되었을 경우에 발생한다. 플러싱과 블리딩은 일반적으로 같은 의미로 사용되며 유화아스팔트의 포설양이 과도한 경우 야기되는 파손을 플러싱이라고 하고 유화아스팔트의 포설온도가 높았을 경우에는 블리딩이라고 정의된다. 그러나 이 두 가지 파손유형은 포장 표면의 미끄럼 저항성을 감소시키는 측면에서 동일한 파손으로 분류된다(McLeod 1969, Gransberg 2005). 골재탈리를 발생시키는 주요 원인으로는 과도한 골재포설, 적절치 않은 유화아스팔트 포설(골재가 유화아스팔트에 묻히는 깊이의 부적절함), 부적절한 골재입도 사용, 잔분함량이 많은 골재의 사용 등이 있으며(Shuler 1990, Gransberg 2005), 주로 초기 공용 중에 발생하는 것이 일반적이다. 이 외에 미끄럼 저항성 평가는 신규 시공된 표면처리 포장의 품질을 평가하는 기준이 될 수도 있다(Gransberg 2005).

### 3.2. 유화아스팔트 특성

유화아스팔트는 1900년대 초에 생산되어 사용되기 시작하였으며 최근 유화아스팔트 사용의 여러 가지 장점들로 인하여 그 사용량이 증가하고 있다. 다양한 현장 적용을 위하여 유화아스팔트의 물리적인 특성은 적용 현장에 적합하게 개량할 수 있으며 그 예로 사용되는 골재극성을 고려하여 음 또는 양 전하의 성질을 부여할 수 있다. 또한, 유화아스팔트의 물성을 향상시키기 위하여 기본 유화아스팔트에 폴리머, 라텍스, 체움재, 박리제 등을 첨가할 수 있다.

유화아스팔트는 물속에 분산되어 있는 아스팔트 입자로 간략하게 정의되며, 40~75%의 아스팔트, 25~60%의 물, 0.1~2.5%의 유화제와 극소량의 다른 요소들로 구성된다. 이러한 구성요소들은 점성이 낮고(손쉬운 적용성) 낮은 포설 및 저장온도를 가지며 적용환경에 대한 민감도가 낮은 장점을 야기한다(Maintenance Technical Advisory Guide, TAG 2003).

Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA)에 따르면 유화아스팔트는 이온 전하에 의하여 음이온, 양이온, 비이온의 세 가지로 구분된다. 일반적으로 유화아스팔트의 이름 첫 글자가 "C"로 시작하는 경우에는 양이온을 의미하며 "C"가 없는 경우는 음이온을 의미한다. 비이온 유화아스팔트의 경우에는 현재 적용된 사례가 극히 드물다. 상기의 이온 전하는 골재와의

적합성에 중요한 역할을 하며 노스캐롤라이나 주의 칩 실용 골재는 일반적으로 음이온 특징을 보이기 때문에 양이온 유화아스팔트가 주로 사용된다. 유화아스팔트의 세팅 시간(set time)은 유화아스팔트가 골재와 접촉한 후 양생되는 속도를 의미하며, 이름의 두 번째 문자로 구분된다. “RS”는 빠른 세팅(rapid set), “MS”는 중간 세팅(media set), “SS”는 느린 세팅(slow set), 그리고 “QS”는 속경 세팅(quick set)을 의미한다. RS 유화아스팔트는 불안정한 반면, 양생이 빠르다는 장점을 가지며 골재와의 직접 혼합이 어렵거나 불가능하기 때문에 주로 칩실과 같은 살포방식의 포설에 사용된다. MS 유화아스팔트는 굵은골재와의 혼합에 적용되며 중기간 사용성을 유지할 수 있다. SS 유화아스팔트는 주로 잔골재와의 혼합을 위해 설계되었으며 가장 안정적이며 충분한 혼합시간과 장기간 사용성을 나타낸다. 점성을 줄이기 위하여 SS 유화아스팔트는 물과 혼합하여 사용될 수 있으며, 텍코팅이나 포그실에 적용된다. QS 유화아스팔트 또한 잔골재에 적용하기 위해 만들어졌으며, SS 유화아스팔트보다 빠른 양생시간을 보여준다. 주로 마이크로 실이나 슬러리실에 사용된다. “HF”는 세팅 시간을 나타내는 문자 앞에 위치하며, high float 유화아스팔트, 즉 float 시험(AASHTO T-50, ASTM D-139)을 통과한 유화아스팔트를 의미한다. HF 유화아스팔트는 양생 후 잔류 아스팔트 안에 젤 형태의 구조를 생성하며, 이러한 구조적 특성은 넓은 온도 범위에서 유화아스팔트의 공용성을 향상시키고 더스트를 많이 함유한 골재에 적용한다. HF 유화아스팔트는 주로 칩실과 상온 혼합물에 사용된다. 세팅 시간을 나타내는 문자 뒤에 숫자 “1” 또는 “2”가 위치하는데 이들 숫자는 유화아스팔트의 점성을 나타낸다. “1”은 저점도, “2”는 고점도의 유화아스팔트를 의미한다. 종종 “H”나 “S”가 유화아스팔트 이름의 끝부분에 위치하며, “H”는 단단한 아스팔트를 사용하여 생산된 유화아스팔트를 의미한다 (Wood et al. 2006). 또한, 폴리머 개질 유화아스팔트를 표시하기 위하여 “P”(폴리머)와 “L”(라텍스)이 사용된다.

골재와 유화아스팔트의 접착력은 칩실의 공용수명과 밀접한 관련이 있으며, 접착력의 향상을 위하여 일반적으로 4가지의 폴리머(natural latex, synthetic latex, latex styrene butadiene rubber(SBR), styrene butadiene styrene (SBS))가 사용되고 일반적으로 전체 무게의 2.5~3%의 비율로 첨가된다.

## 4. 실험재료 및 방법

### 4.1. 실험재료

#### 4.1.1. 유화아스팔트

미국 노스캐롤라이나 주의 현장 적용을 고려하여, 대표적으로 사용되는 2종의 유화아스팔트(CRS-2, CRS-2L)를 선택하였고, 폴리머 개질 특성을 평가하기 위하여 SBS 폴리머를 첨가하여 개질된 CRS-2P가 사용되었다. 상기 3종의 유화아스팔트는 칩실에 사용되는 종류이다.

포그실에 사용되는 유화아스팔트의 특성을 평가하기 위하여 개질되지 않은 CSS-1H와 폴리머 개질된 Road Science사의 PME-A와 Hammaker East사의 PME-B 등 3종의 유화아스팔트가 적용되었다.

#### 4.1.2. 골재

일반적으로 노스캐롤라이나 주에서는 화강암 골재가 칩실의 재료로 사용된다. 본 연구를 위하여 현장에서 사용되는 골재와 동일한 골재원의 화강암 원석을 구하여 실험에 적합한 크기로 절단, 가공하여 사용하였다. 골재 샘플을 준비하기 위한 보다 자세한 설명은 다음의 4.2.2절에 기술하였다.

## 4.2. 실험방법

### 4.2.1. Bitumen Bond Strength(BBS) Test 개요

아스팔트 바인더 또는 유화아스팔트와 골재표면의 접착력을 측정하기 위하여 National Institute of Standards and Technology사의 PATTI(Pneumatic

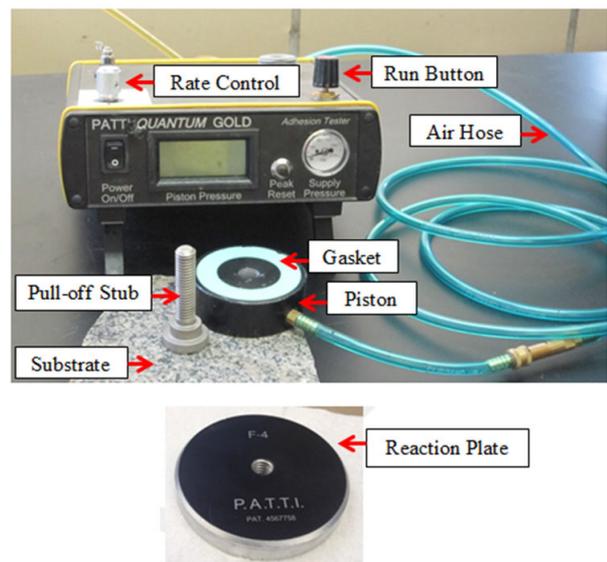


Fig. 1 PATTI Device

Adhesion tensile Testing Instrument) 장비가 사용된다(Fig. 1). 아스팔트 접착력 시험법은 최근에 개발된 AASHTO-TP 91에 기재되어 있으며, 아스팔트 접착력 시험(Bitumen Bond Strength(BBS) Test)이라고 불린다.

유화아스팔트는 온도에 따라 공용 특성 및 파괴거동이 다르기 때문에, 온도 특성을 파악하기 위하여 실험 샘플은 실제 실험온도를 구현할 수 있는 챔버 안에서 양생되며, 시험의 전과정은 온도와 습도를 조절할 수 있는 챔버 안에서 진행된다. Fig. 2는 실제 챔버 안에서 진행되는 BBS 시험의 모습을 보여준다.



(a) Chip Seal



(b) Fog Seal

Fig. 2 BBS Specimens

#### 4.2.2. BBS 시험 샘플 제작 과정

본 시험의 목적은 유화아스팔트와 골재표면사이의 최대접착력을 측정하는 것으로, 유화아스팔트 샘플은 골재표면에 직접 만들어진다. 동일한 실험조건에서 접착력을 구하기 위하여 샘플 접촉면의 거칠기와 접촉면적 크기, 두께는 모든 샘플에 동일하게 적용되어야 한다.

이러한 조건을 충족하기 위하여 골재 샘플의 제작 과

정이 중요하다. 앞서 언급한 것과 같이 다양한 크기의 화강암 원석을 BBS 시험에 적합한 크기로 절단해서 사용한다. 본 연구에서 화강암 원석은 120mm×120mm 사각형에 15mm - 25mm 두께로 제작되어 사용되었다. 절단된 골재 샘플은 일정한 표면 거칠기를 유지하기 위하여 280호 규격의 연마지를 사용하여 표면을 연마하였다. 또한 골재표면에 잔존하는 작은 입자들은 유화아스팔트의 접착력에 큰 영향을 미치기 때문에, 울트라소닉 클리너에 60℃의 증류수를 채운 후 60분 동안 잔존입자들을 제거하는 과정을 거친 후, 열풍건조기(150±2℃에서 30분 이상)를 사용하여 골재의 수분을 완전히 건조하여 사용하였다.

샘플의 일정한 접촉면적과 두께를 유지하기 위하여 실리콘 재질의 몰드(지름 20mm의 구멍이 있는 400mm×400mm 사각형 모양)와 규격화된 크기의 pull-out stub을 사용하였다. 골재표면에서 일정시간 양생된 샘플은 pull-out stub을 붙임으로써 일정한 접촉면적과 두께를 유지할 수 있다.

Pull-out stub은 스테인레스 스틸로 만들어지며, 유화아스팔트, pull-out stub, 그리고 골재표면과의 접착을 위하여 pull-out stub을 단단하게 눌러 접착하여야 한다. Pull-out stub 하단에는 0.8mm 두께의 외벽이 있어서 유화아스팔트 샘플의 두께를 조절할 수 있으며, 외벽은 초과되는 유화아스팔트를 내보낼 수 있는 4개의 구멍을 가지고 있다.

유화아스팔트 샘플의 두께는 접착력에 영향을 미치기 때문에 항상 일정한 두께의 샘플을 사용하여야 한다. 그러나 포그실 유화아스팔트의 경우 첨가된 물의 비율이 칩실 유화아스팔트보다 많기 때문에 보다 낮은 점성과 긴 양생시간 특성을 나타낸다. 특히 양생 후 샘플의 체적 변화가 상당히 줄어들기 때문에 칩실 유화아스팔트에 적용되는 pull-out stub을 사용할 수 없는 상황으로 이어진다. 본 연구를 위한 사전 실험에서 칩실 유화아스팔트 샘플과 같은 두께의 샘플 제작이 불가능하다는 사실이 파악되었고, 포그실 연구를 위하여 pull-out stub의 크기를 조절하여 실험 샘플을 제작하였다. 바닥면의 외벽이 없는 12.7mm 지름의 pull-out stub가 사용되었고, 샘플 두께의 일관성 유지를 위하여 pull-out stub을 유화아스팔트 샘플에 옹기 후 13.5kg의 추를 10초 동안 위치하여 부착하였다(Im and Kim 2014).

Fig. 3은 몰드의 치수 및 실제 골재 샘플 표면에 위치한 몰드의 모습을 나타내며 Fig. 4는 pull-out stub의 치수를 나타낸다.

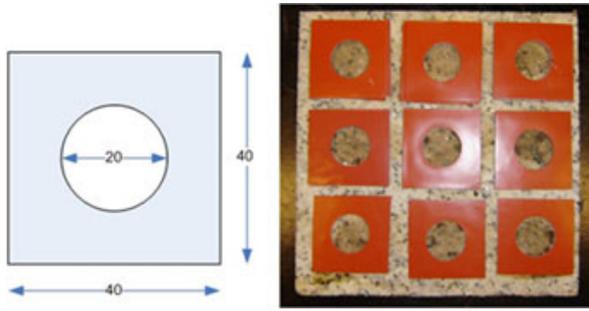


Fig. 3 Mold

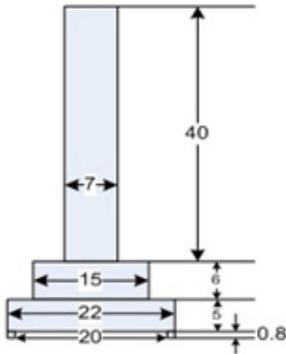


Fig. 4 Pull-out Stub Dimension (AASHTO TP-91)

#### 4.2.3. BBS 시험 절차

본 연구에서는 양생시간 별 접착력 특성과 온도 별 특성을 평가하기 위하여 AASHTO-TP 91을 수정하여 적용하였다. 수정된 사항은 2가지로 모든 시험은 온도와 습도를 조절할 수 있는 챔버 안에서 진행되었으며 양생 시간에 민감한 유화아스팔트의 특성을 고려하여 pull-out stub 부착 후 1시간의 양생시간을 10분으로 감소하여 적용하였다. BBS 시험절차는 다음의 Fig. 5에 설명되어 있다.

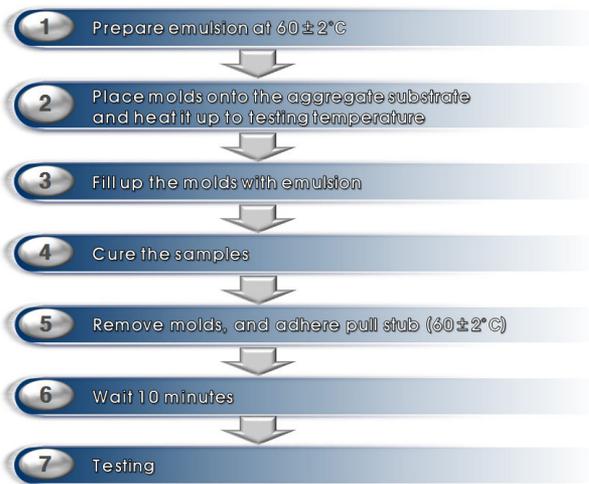


Fig. 5 BBS Test Procedure

유화아스팔트의 접착력은 칩실의 양생시간 특성과 접착력 거동을 이해하기 위한 중요한 요소들 중에 하나이다. 본 연구에서는 유화아스팔트의 접착력 특성을 기본으로 하여 칩실의 공용성을 평가하기 위하여 다양한 양생시간(30분, 60분, 120분, 240분)과 온도(15°C, 25°C, 35°C)에서 BBS 시험을 수행하였다.

## 5. 실험결과 분석

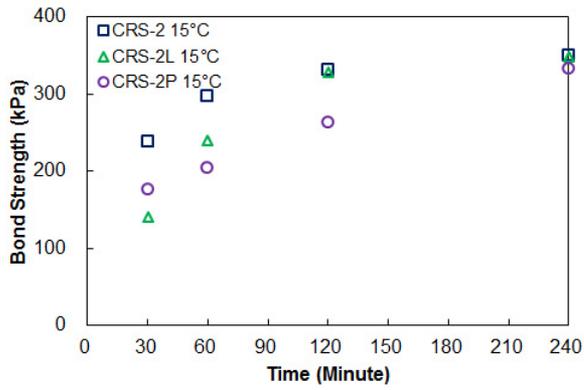
### 5.1. 칩실용 유화아스팔트

본 연구에서는 동일한 조건 하에서 다양한 유화아스팔트의 양생특성을 평가하기 위하여 3가지 칩실용 유화아스팔트(CRS-2, CRS-2L, SBS CRS-2P)가 사용되었다. BBS 시험은 다양한 양생시간(30분, 60분, 120분, 240분), 양생온도(15°C, 25°C, 35°C)에서 수행되었다. 시편의 양생과 실험 중 양생온도를 일정하게 유지하기 위하여 BBS 시험의 전 과정은 온도조절이 가능한 챔버 안에서 수행되었다. 동일한 실험조건에서 세 개의 시편을 제작하였으며 결과값은 평균값을 사용하였다.

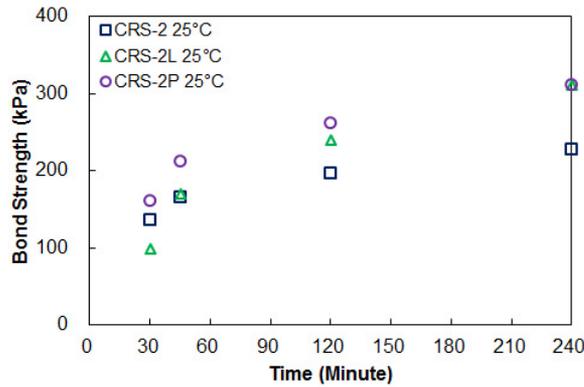
Fig. 6과 Fig. 7은 칩실 유화아스팔트를 사용한 온도 별 BBS 시험 결과를 나타낸다.

Fig. 6에서 폴리머 개질 유화아스팔트(polymer - modified emulsion, PME)는 개질되지 않은 유화아스팔트(CRS-2)보다 우수한 접착력 특성을 보여준다. 그러나 15°C 시험 결과는 CRS-2의 접착력이 다른 개질 유화아스팔트보다 높은 접착력을 나타낸다. 이러한 결과는 폴리머의 특성을 고려할 때 예측되지 않은 결과이며, 실험의 결과를 검증하기 위하여 SBS CRS-2P를 사용하여 15°C에서 추가시험을 수행하였으나 기존의 결과와 동일한 결과를 얻었다.

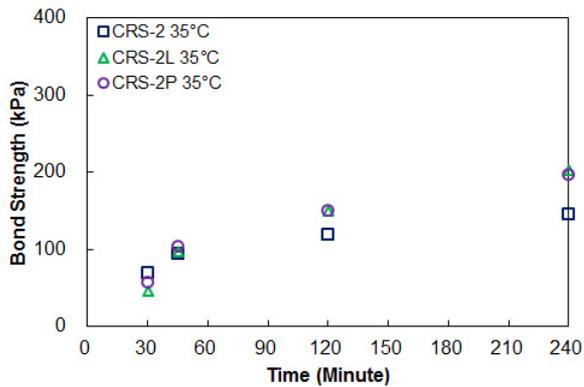
상기와 같은 결과에 대한 원인은 실험온도가 유화아스팔트 점성에 영향을 미치기 때문이라고 판단되며 이는 유화아스팔트 시편이 제작될 때 골재표면에 미세한 공극으로 유화아스팔트가 침투하게 되는데 이때 점성이 높은 유화아스팔트의 침투율이 점성이 낮은 유화아스팔트보다 낮아지기 때문이라고 판단된다. 침투율이 높다는 것은 유화아스팔트와 골재와의 접촉면이 넓어지는 것을 의미하며, 넓은 접촉면은 동일한 조건에서 보다 우수한 접착력을 나타나게 된다. 폴리머 개질 유화아스팔트의 점성은 일반적으로 개질되지 않은 유화아스팔트의 점성보다 높으므로 결국 본 실험에 사용된 CRS-2의 침투율이 15°C 온도조건에서 가장 우수한 것으로 사료된다.



(a) 15°C



(b) 25°C

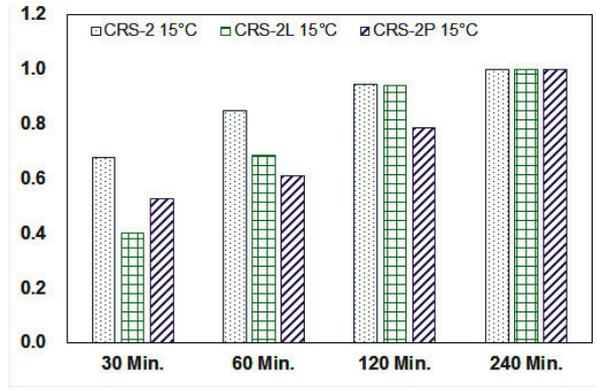


(c) 35°C

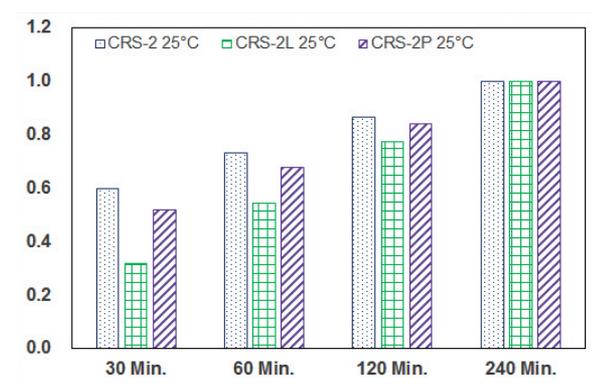
Fig. 6 BBS Test Results using Chip Seal Emulsions

Fig. 7에서는 양생시간에 따른 접착력 변화를 비교하기 위하여 4시간 양생 후 BBS 시험 결과를 기준으로 하여 각 양생시간에 따른 결과를 온도 별로 나타내었다.

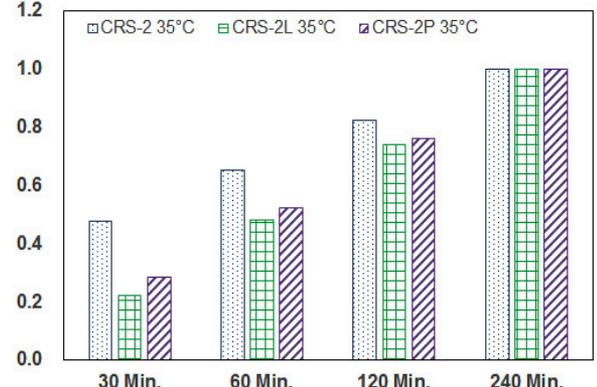
전체적으로 초기 양생시간 동안(0~60분), 대부분의 접착력 증가가 이루어지며, 120분 이후에는 증가율이 줄어드는 것을 알 수 있었다. 그러므로 칩실 시공에 있어서 초기 1시간 내외의 양생시간이 잠정적으로 공용성에 중요한 역할을 하는 것을 알 수 있다.



(a) 25°C



(b) 30°C



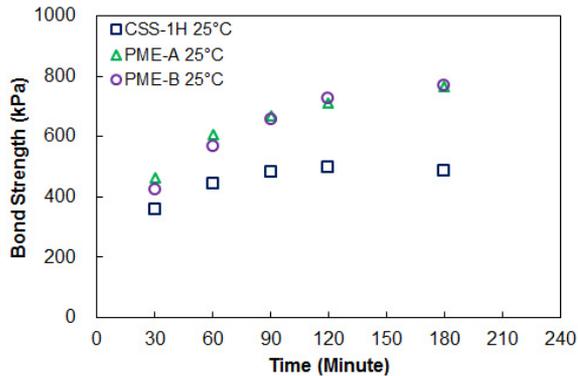
(c) 35°C

Fig. 7 Bond Strength Comparison of Chip Seal Emulsions

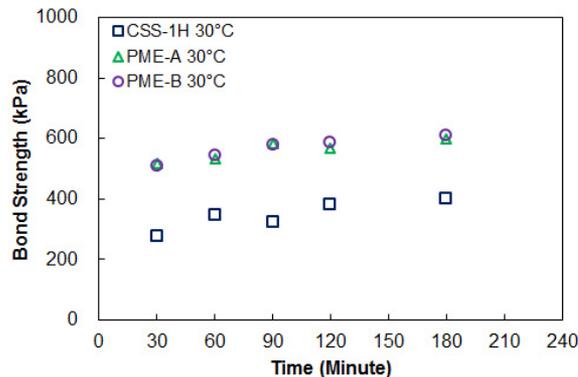
## 5.2. 포그실용 유화아스팔트

포그실 유화아스팔트의 양생특성을 평가하기 위하여 BBS 시험은 다양한 양생시간(30분, 60분, 90분, 120분, 180분, 24시간), 유화아스팔트 적용율(0.27, 0.54, 0.86, 1.13L/m<sup>2</sup> (0.06, 0.12, 0.19, 0.25gal/yd<sup>2</sup>)), 양생 온도(25°C, 30°C, 35°C)에서 수행되었다. 그러나 시험도중 낮은 적용률(0.27, 0.54L/m<sup>2</sup>)에서 문제가 발견되었다. 일반적으로 유화아스팔트는 60~80%의 아스팔트

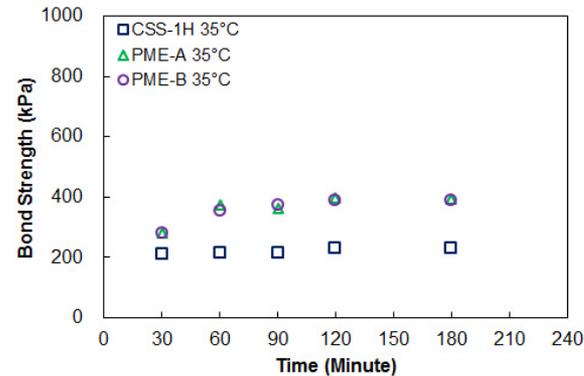
를 함유하며 포그실 유화아스팔트의 경우 현장 적용을 위하여 1:1(무게비)의 비율로 물을 섞어서 점성을 낮추기 때문에 실제 BBS 시험 시편제작 후, 시편의 체적은 양생 시간에 비례하여 감소하게 된다. 결국 이러한 체적감소로 인하여 골재표면과 pull-out stub 사이에 충분한 접착면을 확보하지 못하게 되며, 신뢰성 있는 실험 결과를 도출하지 못하게 된다. 이에 본 연구에서는 낮은 적용율(0.27, 0.54L/m<sup>2</sup>)과 가장 높은 적용율(일반적인 포그실 적용율을 초과하기 때문에)을 제외한 1.13L/m<sup>2</sup>(0.19 gal/yd<sup>2</sup>)의 결과만을 도출하여 분석하였다.



(a) 25°C



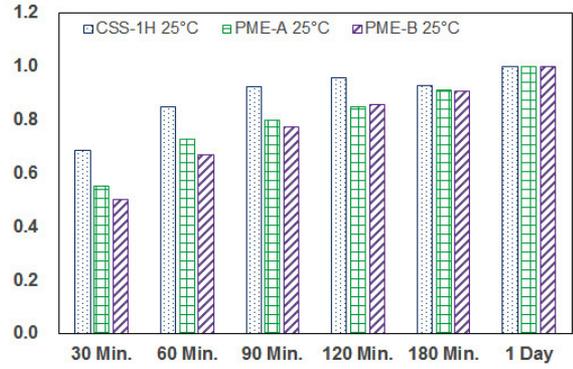
(b) 30°C



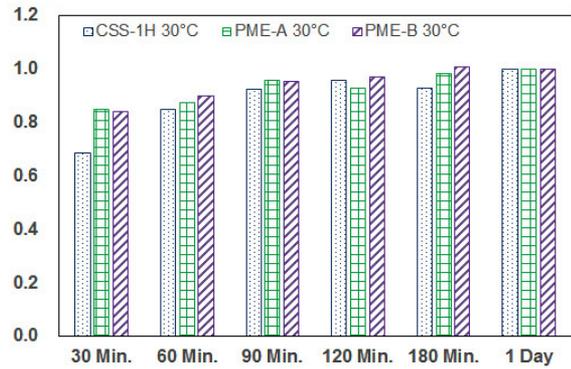
(c) 35°C

Fig. 8 BBS Test Results using Fog Seal Emulsions

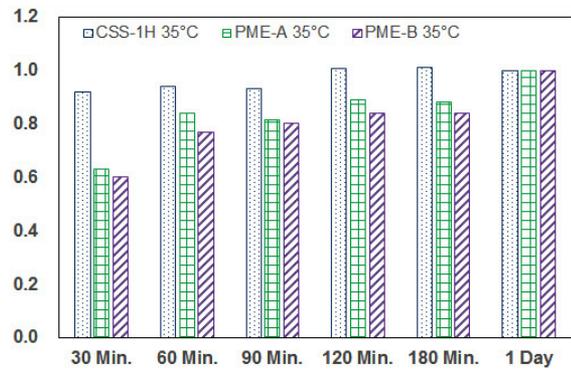
Fig. 8에서 폴리머 개질 유화아스팔트는 개질되지 않은 유화아스팔트(CSS-1H)보다 우수한 접착력 특성을 나타낸다. 3시간의 양생 후 접착력을 비교할 때, 폴리머 개질 유화아스팔트의 접착력은 대략적으로 CSS-1H 접착력의 2배 정도 높은 결과를 보여준다.



(a) 25°C



(b) 30°C



(c) 35°C

Fig. 9 Bond Strength Comparison of Fog Seal Emulsions

Fig. 9에서는 양생시간에 따른 접착력 변화를 비교하기 위하여 24시간 양생 후 BBS 시험 결과를 기준으로 하여 각 양생시간에 따른 결과를 온도 별로 나타내었다.

전체적으로 칩실 유화아스팔트 시험 결과와 동일한 경향을 나타냈으며 초기 양생시간 동안(0~60분), 대부분의 접착력 증가를 나타내지만 120분 이후에는 증가율이 감소되는 것을 알 수 있었다. 그러므로 포그실 시공에 있어서 초기 1시간 내외의 양생시간이 잠정적으로 공용성에 중요한 요소로 작용되는 것으로 사료된다.

## 6. 결론

본 연구에서는 동일한 조건 하에서 다양한 유화아스팔트의 양생특성을 평가하기 위하여 3가지 칩실용 유화아스팔트(CRS-2, CRS-2L, SBS CRS-2P)와 3가지 포그실용 유화아스팔트(CSS-1H, PME-A, PME-B)를 사용하였다. 칩실용 유화아스팔트 평가를 위하여 BBS 시험은 다양한 양생시간(30분, 60분, 120분, 240분), 양생온도(15℃, 25℃, 35℃)에서 수행되었으며 포그실용 유화아스팔트를 사용한 시험은 양생시간(30분, 60분, 90분, 120분, 180분, 24시간), 유화아스팔트 적용률(0.27, 0.54, 0.86, 1.13L/m<sup>2</sup> (0.06, 0.12, 0.19, 0.25gal/yd<sup>2</sup>)), 양생온도(25℃, 30℃, 35℃)의 조건에서 수행되었다. 시편의 양생과 실험 중 양생온도를 일정하게 유지하기 위하여 BBS 시험의 전과정은 온도조절이 가능한 챔버 안에서 수행되었으며, 동일한 실험조건에서 세 개의 시편을 제작하였으며 시험 결과는 AASHTO TP-91 규정에 의거하여 평균값을 사용하였다. 본 연구에서 다음과 같은 결론은 도출하였다.

1. 동일한 조건 하에서 폴리머 개질 유화아스팔트는 개질되지 않은 유화아스팔트에 비해 우수한 접착력 특성을 나타낸다.
2. 즉, 폴리머 개질 유화아스팔트는 우수한 점착력 특성으로 인하여 골재탈리방지 및 조기교통개방의 특성을 보이는 것으로 판단된다.

3. 또한 동일한 조건 하에서 폴리머 개질 유화아스팔트 간의 접착력 특성은 거의 동일한 것을 확인할 수 있었다.
4. 초기 양생시간(1시간 이내) 동안 90% 이상의 접착력이 발현되므로 칩실 및 포그실 공법은 시공 후 초기 양생시간이 공용성에 중요한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

## References

- American Association of State and Highway Transportation Officials (AASHTO). Standard Test Method of Test for Determining Asphalt Binder Strength by Means of the Asphalt Bond Strength (ABS) Test. AASHTO TP:91-11.
- McLeod, N. W. (1969). A General Method of Design for Seal Coats and Surface Treatments. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 38.
- Gransberg, D. D. and D. M. B. James. (2005) Chip Seal Best Practices. NCHRP Synthesis 342, Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Shuler, S. (1990) Chip Seal for High Traffic Pavements. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 1259, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- California Department of Transportation. (2003) Maintenance Technical Advisory Guide (TAG). In Caltrans Division of Maintenance.
- Asphalt Emulsion Manufacturers Association (AEMA). Asphalt Emulsion. AEMA Brochure.  
<http://www.aema.org/downloads/AEMA%20Brochure.pdf>
- Wood, T. J., D. W. Janisch, and F. S. Gaillard. (2006). Minnesota Seal Coat Handbook 2006. Minnesota Department of Transportation, Office of Minnesota Road Research.
- Im, J. H. and Y. R. Kim. (2013). Methods for Fog Seal Field Test with Polymer-Modified Emulsions: Development and Performance Evaluation. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2361, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 88-97.