

# 아스팔트 혼합물의 박리방지제의 종류 및 함량에 따른 박리저항성 분석

## Moisture Damage Evaluation of Asphalt Mixtures depending on the Types of Anti-Stripping Agent

최 성 호	Choi, Sung Ho	세종대학교 건설환경공학과 석사 (E-mail : csh10642@hanmail.net)
김 원 재	Kim, Won Jae	정회원 · 세종대학교 건설환경공학과 박사과정 (E-mail : mniwjk@naver.com)
르 반 폭	Le Van Phuc	세종대학교 건설환경공학과 석·박통합과정 (E-mail : lvphucgtvt@gmail.com)
이 현 중	Lee, Hyun Jong	정회원 · 세종대학교 건설환경공학과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : hlee@sejong.ac.kr)
황 성 도	Hwang, Sung Do	정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사 (E-mail : sdhwang@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** The objective of this study is to analyze the performance of anti-stripping agent depending on its type and content to reduce pothole, an increasing pavement distress due to abnormal climate intensity.

**METHODS :** In the past years, U.S and many countries in Europe use hydrated lime and liquid anti-stripping agent in asphalt mixtures. Hydrated lime or liquid anti-stripping agent is substituted for filler and binder, respectively, to improve the anti-stripping property of asphalt mixtures. To investigate this, indirect tensile strength test was performed and TSR values were compared for different content of hydrated lime and types of liquid anti-stripping agent in asphalt mixture.

**RESULTS :** Test results indicate that hydrated lime remarkably increased the asphalt mixture performance on anti-stripping denoted by the increased in TSR values from 55% to 100%. Liquid anti-stripping agent also increased the value of TSR but not significant. In addition, depending on the types of aggregate, TSR values and effect of liquid anti-stripping were different.

**CONCLUSIONS :** Using anti-stripping agents improve the anti-stripping property of asphalt mixture especially hydrated lime; however, more experiments should be conducted to improve the reliability about the effect of liquid anti-stripping agent.

### Keywords

*moisture susceptibility, pothole, hydrated lime, anti-stripping agent, tensile strength ratio*

Corresponding Author : Lee, Hyunjong, Professor  
Department of Civil and Environmental Engineering, Sejong University, 209 Neungdong-Ro, Gwangjin-Gu, Seoul, 143-747, Korea  
Tel : +82.2.3408.3332 Fax : +82.2.3408.3332  
E-mail : hlee@sejong.ac.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (print)  
ISSN 2287-3678 (Online)  
Received May, 29, 2014 Revised May, 30, 2014 Accepted Jul, 22, 2014

## 1. 서론

### 1.1. 논문개요

최근 전 세계적으로 기후변화 현상이 빈번해짐에 따라 우리나라 역시 그 영향을 피해갈 수 없게 되었다. 이러한 이유로 매해 여름에 발생했던 이상기후들이 겨울

에도 그 심각성을 드러내고 있다. 특히 최근 우리나라 아스팔트 포장의 경우 물동량의 증가, 차량하중의 증량화 및 대형화로 인하여 도로파손이 급격하게 증가하고 있으며 교통사고 발생증가 및 유지보수로 인한 막대한 비용손실을 초래하고 있다.

도로파손의 종류 중 하나인 포트홀은 약 40~50cm<sup>2</sup>의 면적과 5~10cm의 깊이를 갖는 움푹 파이는 형태의 포장파손인데, 침투한 수분에 의하여 바인더와 골재의 접착력이 약화되어 파손이 발생한다(조명환 외, 2013). 최근 포트홀의 발생횟수 증가와 이로 인한 피해가 증가하면서 이를 감소시키기 위한 개선기술의 마련이 시급한 실정이다. 하지만, 지금까지 국가품질기준 및 시공공법 등의 기술개발이 미미하여 사후 긴급보수에만 의존하고 있는 실정이다.

이에 대한 효과적인 해결방안 중 하나인 박리방지제의 사용은 이미 외국 주요 국가들에서 많은 연구 및 현장 공용성 평가가 진행되고 있지만, 현재 우리나라에서는 박리방지제를 사용하지 않고 있다. 본 연구에서는 포트홀 저감을 위해서 국내에 적합한 박리방지제 사용방법 및 기준을 정립하는 방안에 대한 연구를 진행하였으며 간접인장강도비 시험을 통한 박리방지제의 효과를 분석하였다.

## 2. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 박리방지제가 아스팔트 혼합물의 수분저항성에 미치는 영향을 분석하기 위해 문헌조사를 실시하였다. 문헌조사에서는 국내외에서 사용하고 있는 수분민감성 시험의 종류를 조사하였고, 미국 각 주에서 적용하고 있는 TSR 기준을 지역별 기후특성에 따라 구분하여 TSR 기준과 기후특성과의 상관관계를 분석하여 현재 국내에서 적용하고 있는 TSR 기준과 비교하였다. 그리고 여러 유럽 국가와 미국 각 주에서 사용하는 박리방지제의 종류 및 사용법을 조사하였다.

실내시험으로는 19mm 밀입도 현장 혼합물 2종에 대하여 박리방지제를 넣지 않았을 때의 간접인장강도시험을 실시하여 수분저항성을 평가하였으며, 실내제작 혼합물 2종에 대하여 박리방지제의 종류 및 함량에 따른 간접인장강도비 시험을 통하여 박리저항성을 비교·분석하였다.

## 3. 문헌조사

### 3.1. 국내외 아스팔트 혼합물의 수분손상시험

국내에서 비다짐 혼합물을 사용하는 수분손상시험은 다져진 아스팔트 혼합물의 부착에 대한 수분의 영향 시험(KS F 2352), 아스팔트 골재 혼합물의 피막박리 시험(KS F 2355), 끓는 물에 의한 아스팔트 피막골재의 박리저항성 시험(KS F 2380) 등이 있고, 국외의 경우 Dynamic Immersion Test, Static Immersion

Test, Boiling Water Test 등이 있다. 이와 같은 비다짐 혼합물시험은 시험절차가 단순하고 장비조작이 간단하며 혼합물의 입도 등의 영향을 적게 받는 동시에 박리방지제의 사용 필요성에 대한 판단이 가능하다는 장점이 있으나, 강도분석은 평가에 포함되지 않고, 대부분의 시험이 조골재를 사용하기 때문에 잔골재가 수분손상에 미치는 영향을 파악하기 어렵다는 단점이 있다.

다짐 혼합물의 수분손상시험으로는 국내의 경우 잔류안정도시험(KS F 2337), 아스팔트 혼합물의 간이수침 휠트래킹시험(KS F 2399), 아스팔트 혼합물의 수분저항성 시험(KS F 2398) 등이 있고, 외국의 경우 Modified Lottman Test, Immersion-Compression Test, Tunncliffe-Root Conditioning 등의 방법이 있다. 국외의 시험방법의 경우 수침 및 동결-융해의 과정 반영이 가능하고, 국내와 달리 강도분석을 함으로써 역학적인 평가가 가능하다는 장점이 있는 반면, 단기적인 수침조건과 단일시험의 물성 평가로 변별력이 부족하며, 시험결과와 현장 공용성 간의 밀접한 상호 관련성이 부족하다는 단점이 있다.

### 3.2. 미국 주 별 기후특성에 따른 TSR 기준

미국에서 수분민감성 평가를 사용하는 주는 총 15개이며, TSR 규정을 사용하는 주는 13개 주이다. 이 중 사우스 다코타 주를 제외한 대부분의 주에서는 TSR 기준을 우리나라와 비슷한 70~85%를 사용하는 것으로 나타났다.

미국 각 주별 강수량 및 기온 등의 기후와 TSR 기준과의 상관관계를 비교하여 본 결과 명확한 연관성을 찾아내기 어려운 것으로 나타났다. 그러나 TSR 규정이 낮은 주들은 부족한 TSR 기준을 보완하기 위하여 각 주 별 세부규정을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 예를 들어 가장 낮은 60%의 TSR 규정을 사용하고 있는 사우스 다코타주에서 간접인장강도시험을 진행할 때 건조 시험편의 경우 25℃, 수분손상을 가한 시험편의 경우 60℃에서 실시하는 것으로 나타났다. 그 외, 70~85%의

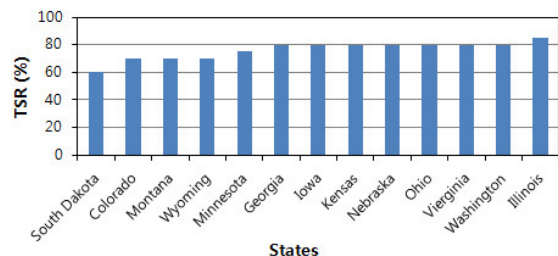


Fig. 1 TSR Standard Values Depending on States in U.S

TSR 규정을 사용하는 주들은 국내의 경우와 시험방법이 비슷하다. Fig. 1은 TSR 규정을 사용하는 미국 주별 TSR 기준을 보여주고 있다.

### 3.3. 박리방지제 적용사례

아스팔트 혼합물의 수분민감성을 최소화하거나 억제하기 위한 방안의 하나로 소석회(Hydrated Lime) 및 액상 박리방지 첨가제(Liquid Anti-Stripping Agent) 등과 같은 첨가제를 사용하고 있다(양성린, 2008). 특히, 소석회의 경우 아스팔트 혼합물의 박리방지에 탁월한 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 수분손상시험만을 하고 있으며 수분저항성을 증대시키고 우리나라 상황에 적합한 박리방지제에 관한 연구는 부족한 실정이다.

### 3.4. 박리방지제

#### 3.4.1. 소석회

소석회(Hydrated Lime)는 석회석을 가열하여 얻어진 생석회에 물을 반응시켜 발열반응에 의해 얻어진다. 소석회의 사용처는 공업용, 농업용 및 식품첨가물 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 아스팔트 혼합물에 사용되는 소석회의 경우 미국 대부분의 주, 유럽의 여러 국가에서 노화 및 균열억제, 박리방지를 목적으로 가장 많이 사용하는 것으로 나타났으며, 소석회 적용 후 평가에서도 내구성 및 소성변형에 대한 저항성이 크게 향상되었다(Watson, 1992)는 보고가 있다.

국내의 소석회 제품들은 용도에 따라 나누어져 있는데, 박리방지제로 사용하는 소석회의 경우, 채움재의 대체용으로 사용된다(Hunter and Ksaibati, 2002). 본 연구에서 사용한 소석회는 국내 아스팔트 혼합물규정 중 포장용 채움재의 품질기준에 만족하는 제품을 사용하였다.

미국의 경우 ASTM C1097에서 아스팔트 포장에 사용되는 소석회의 기준을 화학적, 물리적으로 구분하여 제시하고 있다. 국내의 경우 아스팔트 콘크리트에 대한 소석회의 기준은 없지만 국토교통부(2009)에서 채움재의 기준을 제시하고 있는데, ASTM C1097과 대부분 비슷하나 MgO의 함량은 제외되어 있다. Table 1은 미국 아스팔트 혼합물용 소석회의 품질 기준을 보여주고 있다.

소석회는 일반적으로 골재중량 대비 0.7~3% 정도를 사용하고(Eula, 2011), 혼합방법으로는 Dry-Dry, Dry-Wet, Dry-Slurry 방법 등이 있다. 각각의 방법은 상호 장단점이 있으나 이번 연구에서는 우리나라의 소석회 품질기준에 적합한 Dry-Dry 방법을 사용하였

Table 1. Standard Specification for Hydrated Lime for USA in Asphalt Cement (ASTM C 1097, 2012)

Chemical ingredient	
Calcium and Magnesium Oxides (on an LOI-free basis, Min %)	90
Carbon Dioxide (Evaluate during producing, Max %)	5
Unhydrated Calcium and Magnesium Oxides (Max %)	5
Water content (Evaluate during producing, Max %)	2
Physical Characteristic	
Seive size	Residue (Max %)
No. 30	3
No. 200	30

다. 다른 방법들은 수분을 사용하여 혼합하므로 아직 우리나라의 소석회 품질기준에 적합하지 않기 때문에 적용 방법에 대한 논의가 필요한 것으로 보인다.

#### 3.4.2. 액상 박리방지제

액상 박리방지제는 일반적으로 아스팔트 중량의 0.5%를 치환하여 사용한다. 본 연구에서는 이미 다른 박리방지제보다 수분에 대한 저항성이 큰 것으로 입증된(이경하 외, 2005) 아민계 액상 박리방지제를 사용하였다.

## 4. 실내 시험

국내에 소재한 총 208곳의 플랜트 업체 중 7곳의 플랜트에서 생산된 현장 혼합물을 사용하여 수분 및 동결-융해처리를 거친 시편에 대하여 간접인장강도시험을 실시하였다. 또한, 박리방지제의 효과를 알아보기 위하여 국내의 석회암, 화강암 2종의 골재를 대상으로 시편을 제작하여 박리방지제의 함량에 따른 TSR 값의 변화를 비교하였다.

### 4.1. 시험 방법

시험에 사용된 현장 혼합물은 균질한 혼합물의 입도를 얻기 위해서 시료조제방법(KS F 2301)의 4등분 방법을 이용하여 시료를 채취하였다.

먼저 국내 소재 플랜트에서 생산된 현장 가열 아스팔트 혼합물 5종의 TSR값을 알아보기 위하여 건조 및 동결-융해처리 후 간접인장강도시험을 실시하였다. 나머지 2종의 혼합물에 대해서는 수분처리만 한 경우의 TSR값을 알아보기 위하여 건조, 수분처리 및 동결-융

해처리 후 간접인장강도시험을 실시하였다.

실내 제작 혼합물은 각각의 암종 및 박리방지제 비율에 따라 배합설계를 실시하여 최적 아스팔트 바인더 함량을 구한 후, 간접인장강도시험을 위하여 135±5℃에서 다짐횟수를 조절하여 공극률 7%대의 시편을 제작하였으며, 현장 혼합물과 같은 방법으로 간접인장강도시험을 실시하였다.

## 4.2. 시험 결과

### 4.2.1. 현장 혼합물

5종의 현장 혼합물에 대하여 건조 및 동결-융해처리만을 한 시편의 TSR 값은 다음 Table 2와 같다.

Table 2. TSR Evaluation of Freeze-Thaw Cycled Field Mixture

Air Voids(%)	Mixture	Condition	AVG. TSR (%)
7±0.5	A	78	pass
	B	88	pass
	C	88	pass
	D	64	non-pass
	E	83	pass

간접인장강도시험 결과를 통하여 평균 TSR 값을 산정하고, 국내의 시방기준(KS F 2349; 가열 아스팔트 혼합물)인 75%를 기준으로 판정한 결과, D제품을 제외한 모든 혼합물의 TSR 값이 75%를 만족하는 것으로 나타났다. TSR은 건조시편 대비 수침시편의 상대적인 강도만을 나타내기 때문에 TSR값 뿐만 아니라 수침시편 자체의 강도 값 또한 아스팔트 혼합물에 대한 규정 제정 시 고려되어야 할 필요성이 있다고 판단된다.

다음 Table 3은 나머지 2종의 현장 혼합물을 대상으로 조건별 처리에 따라 계산된 TSR 값이다.

Table 3. TSR Evaluation of Wetted and Freeze-Thaw Cycled Field Mixture by Korean Standard

Air Voids(%)	Mixture	Condition	AVG. TSR (%)	Evaluation
7±0.5	F	Wetted	89.2	pass
		F-T	76.8	pass
	G	Wetted	84.5	pass
		F-T	87.3	pass

두 종류의 혼합물 모두 7±0.5%의 공극률 범위 내에서 국내 TSR 기준을 통과하였다. 혼합물 F의 경우 동결-융해를 실시한 결과가 수침만 실시한 결과보다 약 14% 낮은 TSR 값을 보였다. 이는 Zeng and Ksaibati

(2002)가 제시하였던 동결-융해가 TSR에 미치는 영향에서 도출된 15% 감소한 것과 비슷한 결과를 보여준다. 한편 혼합물 G의 경우 동결-융해를 실시한 결과가 수침만 실시한 결과보다 약 3% 증가함을 보였는데 이는 플랜트에서 사용하는 골재의 특성에 따라 달라질 수 있고, 적은 시험 횟수로 인한 비교 데이터 부족으로으로 판단된다. 추후 한 종류의 골재로 많은 횟수의 TSR 시험이 수행되어야 할 필요가 있다고 판단된다.

### 4.2.2. 실내 제작 혼합물

실내 제작 혼합물의 시험재료로 H업체의 화강암 1종, I업체의 석회암 1종을 선정하여 19mm 밀입도 (WC-3)로 배합설계를 하였고, 바인더는 PG64-22(AC 60~80)를 사용하였다. 소석회는 국내 생산업체 중 채움재의 기준에 만족하는 제품을 선정하였고, 액상 박리방지제는 Akzo사의 제품을 사용하였다. 국내에서는 아직 박리방지제를 사용하지 않고 있기 때문에, 시방서에도 기준이 명시되어 있지 않다. 본 연구에서는 박리방지제의 사용이 수분저항성에 얼마나 효과가 있는지 알아보기 위하여 소석회를 채움재 중량 대비 0%, 30%, 50%로 치환하였고, 액상 박리방지제는 업체에서 제시한 바인더 중량 대비 0.5%를 치환하여 TSR 결과를 비교하였다. 다음 Fig. 2는 실내 제작 혼합물의 배합설계 입도 그래프이다.

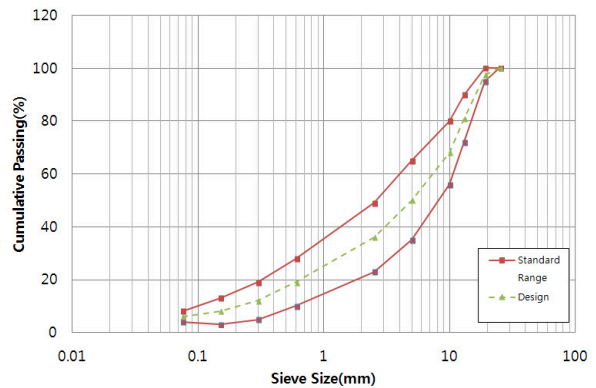


Fig. 2 Gradation of Mix Design

Table 4는 골재종류 별, 박리방지제 종류 및 함량 별 배합설계 결과이다. Table 4와 같이 소석회의 함량이 증가함에 따라 최적 아스팔트 함량은 감소하였고, 이철희(2002) 등의 연구사례와 유사함을 알 수 있다. 이는 소석회가 채움재보다 같은 중량 대비 부피가 크기 때문에 혼합물 제작 시 바인더 대신 소석회가 공극을 채워주는 역할을 하여 필요한 아스팔트 바인더량은 줄어드는

것으로 보인다.

Table 4. Mix Design Result of H, I Mixture Depending on Anti-stripping Agent Type and Content

Mixture	H				I			
	As is	Hydrated lime		Anti Stripping Agent	As is	Hydrated lime		Anti Stripping Agent
Percentage (%)	0	30	50	0.5	0	30	50	0.5
OAC (%)	5.1	4.9	4.77	5.1	5.0	4.75	4.53	5.0
Gmm	2.454	2.452	2.460	2.454	2.561	2.568	2.558	2.561

또한 압중에 따른  $G_{mm}$ 값의 편차가 다른 것을 알 수 있다. 화강암은 석회암보다 규소 함유량이 더 많고, 골재의 조성, 바인더 흡수율, 골재의 밀도 등이 다르기 때문에  $G_{mm}$ 값의 편차가 발생된 것으로 보인다 (AkzoNobel, 2013).

다음 Table 5는 2종의 혼합물의 TSR 값을 보여주고 있다. 소석회 첨가율 30%일 때가 50%일 때보다 더욱 효과적인 TSR 값을 나타내었다. 소석회 함량별 시험 결과, 소석회 첨가율과 TSR 값은 비례관계가 있지는 않은 것으로 나타났다.

Table 5. TSR Result of H, I Mixture( %)

Anti-stripping agent contents(%)	H		I	
	Wetted	F-T	Wetted	F-T
0	55.5	52.3	70.7	69.0
30	99.6	101.6	94.6	78.1
50	92.6	100.6	82.8	71.1
Liquid agent	73.3	76.4	72.4	71.2

Fig. 3의 H 골재를 사용한 혼합물(소석회 0%)의 수분민감성 시험결과는 국내 시방기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 소석회 30%, 50%를 첨가한 시험결과는 국내 시방기준을 만족하였으며, 액상 박리방지제를 첨가한 시험결과는 동결-융해과정을 실시한 값만 규

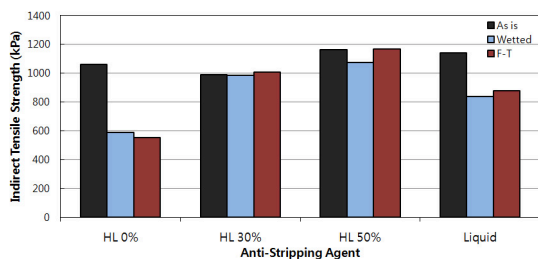


Fig. 3 Tensile Strength Depending on the Ratio and Types of Anti Stripping Agent (H)

정을 만족하였다. 또한 소석회를 첨가한 혼합물은 각 조건별 간접인장강도가 증가함을 보였다.

Fig. 4의 I 골재를 사용한 혼합물(소석회 0%)의 시험 결과 또한 국내 시방규정을 만족하지 못하였으나, 소석회 30%에서의 수분 및 동결-융해 조건, 소석회 50%에서의 수분조건에서는 TSR 값이 8~14% 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 액상 박리방지제의 영향은 상대적으로 미미한 것으로 나타났다.

또한 소석회를 박리방지제로 사용 시 TSR 결과값이 100%가 넘는 결과가 나오는 경우가 있는데, 이는 각 시험시편의 공극률 및 포화도의 차이로부터 발생한 강도의 차이로 인한 결과로 사료된다. 향후 추가시험을 통하여 본 연구의 결과와 비교하면 더욱 신뢰도 있는 결과값을 도출해 내는 것이 필요하다고 판단되며 가장 경제적이고 효과적인 소석회 함량을 결정하기 위하여 다양한 종류의 소석회 및 함량별 연구가 필요한 것으로 보인다.

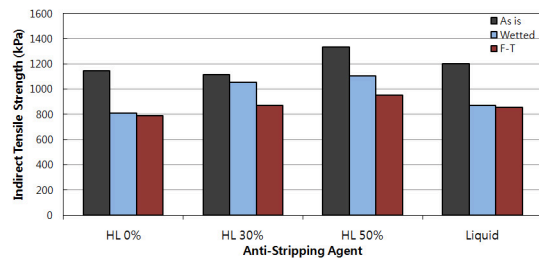


Fig. 4 Tensile Strength Depending on the Ratio and Types of Anti Stripping Agent (I)

## 5. 결론

본 연구에서는 최근 이상기후로 인해 급격히 증가한 포트홀의 저감을 위한 박리방지제의 효과를 알아보기 위하여 문헌조사를 통한 국내외 수분민감성 시험의 종류를 조사하였고, 간접인장강도비(TSR) 시험을 통하여 박리방지제를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때의 박리저항성 시험을 실시하였다. 국내에 소재한 아스팔트 플랜트 중 7곳을 선정 후 일반적으로 생산되고 있는 밀입도 아스팔트 혼합물을 수거하여 수분민감성 시험을 한 결과 대부분의 아스팔트 혼합물에서 TSR 값이 75%를 상회하여 국내 시방규정을 만족하는 것으로 나타났다.

또한 화강암, 석회암 1종씩을 선정하여 압중별 박리방지제의 함량에 따른 박리저항성시험 결과, 소석회는 채움재 중량 대비 30%를 치환했을 경우 가장 효과적으로 박리저항성이 증가하는 것으로 나타났다. 액상 박리

방지제는 화강암 혼합물에서 박리방지제 무첨가 시 55%에서 첨가 시 75%로 증가하였고, 석회암 혼합물에서는 무첨가 및 첨가 시 70%대에 머물러 석회암에 대한 액상 박리방지제의 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

본 연구는 국내에서 생산되는 아스팔트 혼합물을 사용하여 박리방지제 종류 및 첨가함량에 따른 효과분석을 실시하였다. 추후 공용성 측면의 다양한 시험을 진행, 본 연구 결과와 비교 등을 실시한다면 더욱 신뢰성 있는 결과를 도출해 낼 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 '기후변화에 대비한 도로 포장 시공 품질관리시스템 개발' 연구지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### References

- AASHTO T 283-07 (2011), "Standard Method of Test for Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage". American Association of State and Highway Transportation Officials. 8pp.
- ASTM Standard C1097, (2012). "Standard Specification for Hydrated Lime for Use in Asphalt Cement or Bituminous Pavements," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012, DOI: 10.1520/C1097-07R12, 1. www.astm.org.
- Elizabeth R. Hunter and Dr. Khaled Ksaibati (2002), Evaluating Moisture Susceptibility of Asphalt Mixes, Department Civil and Architectural Engineering, University of Wyoming, P.O. Box 3295, Laramie, WY 82071-3295.
- European Lime Association (EuLA), (2011), "Hydrated Lime: A Proven Additive for Durable Asphalt Pavements - A Critical Review". 80pp. 1. www.eula.eu.
- Jo, Myeong-Hwan., Yun, S.U., Lee, Y.H. (2013). "Asphalt Concrete Pavement Pothole: Repair Method." Journal of Korea Society of Road Engineers, vol. 15, no. 2, pp. 43-51.
- Lee, Chul Hee. (2002), "A Study on Anti-Stripping of Porous Asphalt Mixtures Using Hydrated Lime as a Mineral Filler". Graduate Thesis: Masters Degree. Kyung Hee University, Republic of Korea.
- Lee, Kyung Ha., Kim, J.H., Park, E. Y. (2005), "A study on Moisture Susceptibility Characteristics of Asphalt Mixtures". Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Korea Expressway Corporation.
- Menglan Zeng and Khaled Ksaibati (2003), "Evaluation of Moisture Susceptibility of Asphalt Mixtures Containing Bottom Ash", A Paper Prepared for the Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, January 12-16, 2003, Washington D.C.
- Seo, Dong Woo. (2013), "Moisture Susceptibility Evaluation of Field Hot Mix Asphalt". Graduate Thesis: Masters Degree. University, Seoul, Republic of Korea.
- Watson, D. (1992), "Status Report on the Use of Hydrated Lime in Asphaltic Concrete Mixtures in Georgia," Georgia DOT, Materials and Research.
- Yang, Sung Lin., Hwang, S.D., Kim, Y.M., Jeong, K.D. (2008), "Evaluation of Moisture Susceptibility on Mixtures mixing Anti-Stripping Agent". Journal of the Korean Society of Road Engineers. vol. 10, No. 4, pp. 41-52