

아스팔트 포장층 분리억제용 역청재료의 부착성능 및 최적함량 평가에 대한 연구

A Study of Evaluation for Optimum Content and Bond Strength Properties of Bituminous Materials applied for preventing Separation of Asphalt Pavement Layers

김도완	Dowan Kim	정회원 · (주)건화 도로공항부 사원 (E-mail : kimdw@kunhwaeng.co.kr)
이상염	Sangyum Lee	정회원 · 인덕대학교 건설정보과 조교수 (E-mail : yummy0220@induk.ac.kr)
문성호	Sungho Mun	정회원 · 서울과학기술대학교 건설시스템공학과 부교수 · 교신저자 (E-mail : smun@seoultech.ac.kr)

ABSTRACT

OBJECTIVES : Bituminous materials, such as tack coat, are utilized between pavement layers for improving the bond strength in pavement construction sites. The standards regarding the application of bituminous material are not clearly presented in the Korean construction guideline without RS(C)-4. Hence, the objective of this study is to determine the optimum content of bituminous materials by analyzing interlayer shear strength (ISS) from the direct shear tester, which was developed in this research. The shear strength of tack coat was defined with the sort of bituminous materials.

METHODS : The mixtures for the shear test were made using marshall mix design. The specimens were vertically and horizontally separated for the direct shear test. The separated specimens were bonded using bituminous material. The objectives of the experiment are to determine the performance of bond and shear properties resulting from slippage, rutting, shovel, and corrugation of asphalt pavements. A machine based on the Louisiana interlayer shear strength tester (LISST) of NCHRP Report-712 was developed to determine the ISS. The applied types of tack coat were RS(C)-4, AP-3, QRS-4, and BD-coat with contents of $0.3 \ell/m^2$, $0.45 \ell/m^2$, $0.6 \ell/m^2$, and $0.8 \ell/m^2$, respectively.

RESULTS : Table 2 gives the results of the direct shear test using the developed shear machine. The BD-coat type indicated the highest average ISS value compared to the others. Between the surface and binder course, optimum tack coat application rates for AP-3, RS(C)-4, QRS-4, and BD-Coat were $0.6 \ell/m^2$, $0.3 \ell/m^2$, $0.6 \ell/m^2$, and $0.45 \ell/m^2$, respectively. These optimum contents were determined using the ISS value.

CONCLUSIONS : The ISS values of AP-3, RS(C)-4, and QRS-4 showed similar tendencies when ISS increased in the range $0.3\sim 0.6 \ell/m^2$, while ISS decreased when the applied rate exceeded $0.6 \ell/m^2$. Similarly, the highest ISS value of the BD-coat was observed when the applied rate was $0.45 \ell/m^2$. However, shear strength was similar to the maximum value of ISS when the tack-coat application rate of BD-Coat exceeded $0.45 \ell/m^2$.

Keywords

Louisiana tack coat quality tester (LTCQT), Louisiana interlayer shear strength tester (LISST), Bituminous material, Tack coat, Interlayer shear strength (ISS), Marshall mix design, Bond strength, Slippage, Rutting

Corresponding Author : Sungho Mun, Associate Professor
The Road Pavement Research Division, No.43, Seoul National
University of Science and Technology, 232, Gongneung-ro, Nowon-gu,
Seoul, 01811, Korea
Tel : +82.2.970.9014
E-mail : smun@seoultech.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ksre.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Nov. 24, 2016 Revised Nov. 28, 2016 Accepted Nov. 30, 2016

1. 목적

신설 아스팔트 포장 도로의 표층, 중간층 및 아스팔트 기층의 부착강도를 증진시키기 위한 목적으로 유화아스팔트를 사용한다. 이 뿐만이 아니라 덧씌우기 구간과 같은 구(舊) 포장과 신규(新規) 포장면의 접착을 원활하게 하기 위해 사용되며, 이와 같은 목적으로 교면포장공사에도 활용된다. 이러한 포장공사에서 텍코트의 적용은 도로포장의 파손을 방지함으로써 생애주기를 연장시키는 역할을 한다. 반면, 텍코트의 포설 시공이 제대로 이루어지지 않은 경우 추후 다양한 포장 균열을 유발할 수 있으며, 밀림(Slippage), 러팅(Rutting), 교통에 따른 쇼빙(Shoving) 및 콜루게이션(Corrugation)에 의한 파손에 취약해지게 된다. 예를 들어, 교통하중에 의해 포장층 내부에서 횡축 분리가 진행되어 분리가 심해진 부근에서 도로 포장층의 용기가 발생할 수 있다. 이와 비슷한 이유로 교통 진행방향으로 포장의 종축 밀림이 발생하게 되고, 이로 인해 용기됨에 따라 구포장면과 신포장면의 분리가 발생할 수 있다. 이는 결과적으로 포장의 파손으로 이어지게 된다.

텍코트의 시공방법으로는 5℃ 이상의 상태에서 포설하게 되어 있으며, 국내 환경 조건인 10℃에서 30℃ 사이에서 접착될 포장면 사이에 포설된다. 이 포설량 역시 국토교통부에서 발간한 ‘일반국도공사 전문시방서(2015)’에 따르면 텍코트를 시공하는 경우 0.3에서 0.6 사이의 양으로 포설하는 것을 원칙으로 한다. 연구분야에서는 텍코트를 시공한 혼합물의 층 사이에서의 전단강도를 구함으로써 텍코트의 전단강도를 파악하려는 연구가 진행되었다.

그러나, 연구, 시공, 설계 면에서 텍코트의 포설량 및 시공온도에 따른 순수한 텍코팅 전단강도를 파악하기 어렵기 때문에 양이온계 유화 아스팔트의 포설온도 및 포설량에 대한 적정량을 실제로 산정하기 어려웠다.

이와 관련하여 본 연구에서는 아스팔트 포장 공사의 기준에 맞춘 텍코트의 다양한 포설량 및 온도를 적용하여 순수한 텍코팅의 전단강도를 파악하는 것에 그 목적이 있다. 또한, 역청재료의 다양한 텍코트 종류 중 일반 AP-3, RS(C)-4, QRS-4 및 BD-Coat에 따른 영향 및 성능을 비교평가했다. 유화 아스팔트의 전단강도를 파악하기 위해 본 연구에서 개발한 특수 전단장비를 활용한 직접전단시험(DST, Direct Shear Test)의 일종인 ISS(Interlayer Shear Strength)를 도출하기 위한 시험을 수행했다. 본 연구에서 수행한 시험은 NCHRP Report 712에 기초한 것이다.

2. 텍코트 시공, 설계 및 연구사례

최근 건설공사 시 각 포장층의 전단강도를 증가시키기 위해 다양한 양이온계 유화아스팔트 역청재료가 개발되었다. 그 중 가장 보편적으로 사용하는 유화 아스팔트가 RS(C)-4이다. RS(C)-4는 다른 역청재료에 비해 현재 설계 및 시공기준이 가장 잘 정립되어 있다. 그러나 최근 전단강도를 높이기 위해 성능이 증진된 다양한 텍코트 종이 개발되고 있는 실정이다. 이와 관련하여 본 장에서는 텍코트와 관련하여 진행된 연구사례 및 방법과 건설공사 설계 및 시공에 대해 언급하고자 한다.

2.1. 텍코트 연구사례

국내에서 텍코팅 전단강도를 파악하기 위해 다양한 연구가 진행되었다. 기존 연구에서는 텍코팅의 성능을 파악하기 위한 실험으로 A형 혼합물을 제작하여 국내 텍코팅 적용 기준에 맞춰 압축시험을 실시했다. 압축시험을 통해 A형 혼합물 표면의 슬라이딩 효과를 묘사함으로써 단면 사이의 전단강도를 파악할 수 있다. 기존의 두 연구에서는 마샬다짐을 실시하여 혼합물을 제작했으며, 양생시간은 1~3시간, 포설온도는 10℃에서 30℃ 사이로 텍코트를 적용했다.

텍코팅 성능을 파악하기 위해 위 시험방법을 적용한 기존 국내 연구 중 한 연구에서는 시공온도 및 덧씌우기 재료의 영향, 텍코트 양생 시간 및 포설 온도에 대한 영향을 파악했다. 그 결과 시공온도가 높아짐(10℃에서 30℃ 범위 내)에 따라 부착강도가 증가했으며, 양생기간(1시간~3시간 범위 내)이 짧은 경우 포설 온도가 높아지더라도 전단강도가 저하되었다는 결론을 내렸다. 또한, 덧씌우기와 신설 포장 환경의 경우 포설온도가 높아진 경우에서 전단강도의 차이를 나타냈으며, 경화시간이 길수록 종방향 균열에 효과적이라 판단했다.

다른 한 국내 연구에서는 포설 환경에 따라 부착면에 다른 역청재료를 살포하여 그 영향을 파악하는 것에 중점을 두었다. 이 연구에서는 QRS-4라는 특수한 개질 유화아스팔트를 개발했으며, 접착단면에 AP-3, RS(C)-4 및 QRS-4를 살포함으로써 각 재료의 전단강도성능의 비교평가를 실시했다. 이 연구의 결론 역시, 경화시간이 길수록 전단강도가 증진되며, QRS-4가 RS(C)-4에 비해 부착성능이 우수한 것으로 결론지었다.

국외의 연구사례로는 NCHRP Report 712에서 선회다짐에 의해 제작된 혼합물을 절단한 후 텍코트를 포설하여 전단시험을 실시했다. 이 시험결과는 포장시험시공의 근거 데이터로 활용되었다. 본 보고서에서는 텍코

트에 대한 전단, 접착, 밀림 등에 대한 저항성을 평가함으로써 택코트의 기능을 명확하게 평가했다. 그 첫 번째 단계로 LTCQT(Louisiana Tack Coat Quality Tester)장비를 개발해 택코트 재료의 접착성능을 평가했다. 두 번째로 LISST(Louisiana Interlayer Shear Strength Tester)를 개발해 포장 적용에 대한 모형을 묘사함으로써 혼합물의 전단에 대한 저항성을 파악했다. 이는 결국 포장의 용기 및 밀림 등의 층간 분리현상과 관련된 시험이다.

2.2. 택코트 설계 및 시공

국도 포장 공사의 택코트 포설 작업에 대한 지침은 국토교통부에서 발간한 ‘일반국도 공사 전문시방서(2015)’에 준하도록 한다. 이 시방서 내에서 언급하는 역청재료 중 택코팅에 사용되는 유화 아스팔트는 RS(C)-4를 기준으로 한다. RS(C)-4는 유화아스팔트와 물이 각각 60%, 40%의 비율로 섞인 역청재료이다. 택코트는 적절한 전단강도를 발휘하기 위해 한국산업기술표준(KS) M 2203을 만족하는 것을 사용해야 한다. 포장 공사에서 택코트를 포설하는 경우에는 일반적으로 상온에서 포설을 실시하나, 섭씨 5도 이하의 환경에서는 택코트 자체의 성능 저하문제로 인해 포설하지 않는 것을 원칙으로 한다. 이 뿐만이 아니라 포장상태에 습기가 존재하는 경우 혹은 눈이 오거나 우천 시에는 포설하지 않는다. RS(C)-4의 표준이 되는 포설량은 $0.3\text{l/m}^2 \sim 0.6\text{l/m}^2$ 으로 하며, 현장 조건에 따라 현장 감독관의 지시 하에 역청재를 가열할 수 있다. 역청재료를 살포할 때는 디스트리뷰터를 사용하여 일정하게 택코트를 분사해야 한다.

설계 과정에서 수량 및 물량을 설정하는 경우 택코트 포설 역시 RS(C)-4를 기준으로 한다. 표준품셈에서는 포설량 30l/a , 아스팔트 스프레이를 사용하는 보통인부 2명으로 산정한다. 도로공사 포장공정 내에서 택코트가 적용되는 면적은 일반적으로 신설 혹은 오버레이 부분의 차도부, 변단면부 면적에 적용한다.

고속국도의 경우 한국도로공사에서 발간한 ‘고속도로 공사 전문시방서’에 준하여 택코트 시공이 이루어지며, 택코트 포설에 대한 일반적인 사항은 국토교통부의 전문시방서와 동등하다.

3. 연구방법

본 연구에서는 다양한 택코트를 아스팔트 혼합물층에 적용하여 순수하게 역청재료만의 접착면 전단강도(ISS,

Interlayer Shear Strength)를 파악하는 것에 목적을 두고 있다. 택코팅의 부착강도를 파악하기 위해 기존 연구에서는 마샬 다짐을 이용하여 혼합물을 제작했다. 기존 연구의 제작방법에 따르면, 하부에 선행 작업으로 제작된 혼합물층이 상부 혼합물층 제작과정에서 충격다짐으로 인해 손상될 수 있으며, 고온에 의해 하부층의 바인더가 녹아 순수하게 택코트에 의해 부착되지 않을 수 있다. 충격다짐의 경우 건설현장의 여건과 부합되지 않지만 아스콘 표층을 설치하는 경우 택코트를 포설하여 양생시킨 후 고열로 포설하기 때문에 현장의 포장공사 환경을 반영한다고 할 수 있다. 그러나 본 연구는 택코트의 순수한 부착성능을 확인하는 것을 목적으로 두고 있기 때문에 기존 연구와 다른 방법으로 연구를 수행했다.

3.1. 혼합물 제작

전단강도 및 간접인장강도시험에 사용될 혼합물은 마샬 다짐시험에 의해 제작되었다. 본 연구에서는 환경부하와 관련하여 재생 아스팔트를 사용한 가열 아스팔트(HMA, Hot Mixed Asphalt) 혼합물을 제작하는 과정에서 각 시험을 위해 역청재료가 포설되는 면을 따로 제작한 것이 아니라 택코트 종류에 따른 성능을 평가하기 위해 혼합물을 제작한 뒤, 이 혼합물을 횡방향으로 절단했다. 횡방향 절단은 직접전단시험을 수행하기 위함이며, 본 연구에서 개발한 특수전단시험을 실시하기 위해 높이 15cm, 직경 10cm의 혼합물을 제조했다.

3.2. 역청재료 적용

유화 아스팔트의 적용은 ‘일반국도 공사 전문시방서(2015)’에 명시한 RS(C)-4를 기준으로 했다. 택코트 포설 온도는 상온으로 적용했으며, 포설량은 0.3l/m^2 , 0.45l/m^2 , 0.6l/m^2 , 0.8l/m^2 으로 적용했다. 시방서에서 규정한 포설량은 0.3l/m^2 에서 0.6l/m^2 사이로 명시했으나, 이 기준값 이상이 적용된 경우 전단강도를 파악하기 위해 0.8l/m^2 를 추가적으로 적용했다. 또한, 마샬 공시체의 표면 넓이에 따라 아래 Table 1과 같은 포설량을 적용했다.

Table 1. Condition for Applied Tack-Coat

Application rate (l/m^2)	Quantity of tack coat (g/m^2)
0.3	2.4
0.45	3.6
0.6	4.7
0.8	6.3

사용된 역청재료인 AP-3, RS(C)-4, QRS-4 및 BD-Coat는 각각 양생시간을 2시간으로 설정했다. RS(C)-4의 경우 제조 후 60일 이상이 된 것을 사용할 수 없기 때문에 제조 후 60일 이내에 시험을 실시했으며, 불순물의 영향을 최소화하기 위해 유화 아스팔트 포설 시 절단면의 상태를 청결하게 유지했다.

3.3. 성능시험

본 연구에서는 택코트의 종류에 따른 성능을 평가하기 위해 전단시험을 실시했다. 전단시험의 경우 선화다짐 혹은 마샬 혼합물의 전단 성능을 확인하기 위해 아래 Fig. 1과 같은 특수 시험기를 개발했으며, 이 시험기의 몰드를 교체하면 간접인장강도시험을 수행할 수 있다.

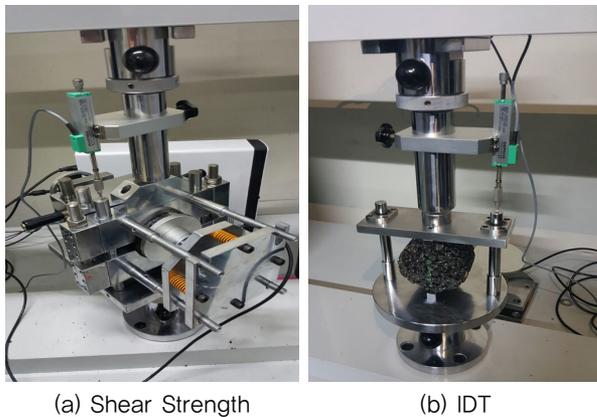


Fig. 1 IDT & Shear Strength Equipment

본 연구에서 간접인장강도시험을 수행한 것은 택코트가 첨가된 경우 종류에 따라 종단에 대한 인장시험을 수행하기 위함이며, 전단강도시험은 택코팅 표면에서 역청재료가 발휘할 수 있는 접착성을 파악하기 위함이다. 따라서 간접인장시험을 수행할 시 아래 Fig. 2(a)와 같이 제작된 마샬 공시체를 종방향으로 절단하여 역청재를 포설했으며, 직접전단시험을 수행하기 위해 Fig. 2(b)와 같이 혼합물을 횡방향으로 절단하여 역청재료를 포설했다.

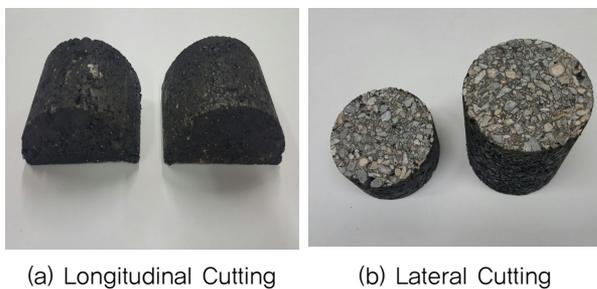


Fig. 2 Cutting Plane of HMA Mixture

4. 전단 시험

본 연구는 아스팔트 포장도로 건설공사에서 활용되는 유화아스팔트의 접착 및 전단 성능을 평가하기 위해 기존 연구와 차별화되는 새로운 장비를 개발했다. 이 장비는 ISS(Interlayer Shear Strength)를 파악하기 위해 개발되었으며, NCHRP Report 712의 LISST 시험방법에 근간했다.

4.1. 기존 연구의 전단 시험 방법

기존 연구(한국도로학회, 2002)에서 활용한 시험 방법은 ASTM C 1042에 준하여 아스팔트 혼합물 제조용 몰드를 제작하여 이 몰드를 이용해 공시체를 제작하도록 했다. 제작한 아스팔트 혼합물은 포장공사의 현장여건에 부합되도록 밀입도 가열아스팔트 혼합물(골재입도 : 20mm, OAC : 5.1 %)을 선정했으며, 포장섬유를 설치해 2단계에 걸쳐 실험조건에 맞는 21.7cm 높이의 마샬다짐 공시체를 제작했다. 2단계에 걸쳐 공시체를 제작하는 과정에서 1.13의 택코트를 섞서 10도, 30도의 환경에서 포설하여 시험을 실시했다.

전단시험은 일반적인 압축시험장비를 사용하여 일정한 압축하중을 가하여 경사진 면에 포설된 유화아스팔트의 부착전단성을 평가했다.

4.2. 개발된 전단 시험 방법

기존 연구에서 사용한 아스팔트 혼합물의 적용 및 시험방법은 포장현장의 환경을 최대한 반영했다. 그러나 도로의 포장공사에서 유화 아스팔트 시공은 본선 및 길어깨부 시공 환경을 제외하고 경사면에 포설하지 않는다는 점과 공시체에 압축하중을 가하여 슬라이딩 현상으로 전단할 경우 재료 마찰에 의해 유화 아스팔트의 순수한 접착성을 파악하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 아스팔트 혼합물을 제작한 뒤 횡적으로 절단하여 유화 아스팔트를 포설했으며, 이로 인해 포장공사의 실제 모형을 구현시켰다. 이 뿐만이 아니라 하부층 제작 후 상부층의 연속 제작 단계에서 마샬다짐으로 인한 하부 아스팔트 혼합물의 파손을 최소화했다. 교통하중의 경우 경사면 압축 및 전단은 아스팔트 혼합물의 횡적 전단과 상재하중의 적용으로 인해 현장 여건을 충분히 반영했다.

실험장비는 NCHRP Report 712의 LISST(Louisiana Interlayer Shear Strength Tester) 장비 사양에 근간해 개발되었다. 상기 보고서에서는 하중을 극한까지 보내면서 항복하는 시점을 파악해 택코트의 전단성을 파악

한다. 본 연구에서 개발한 시험장비 역시 이에 근간해 하중을 적용하는 시험기를 개발했다. Table 2는 본 연구에서 개발한 시험환경에 대한 적용사항이며, Fig. 3는 본 연구에서 제작한 전단시험기의 전단시험을 보여준다.



Fig. 3 Test Machine for Direct Shear Test

이 뿐만 아니라 본 연구에서 개발한 시험기는 아스팔트 혼합물의 특성 중 상재교통하중으로 인해 발생할 수 있는 소성변형에 대한 택코트의 접착성을 파악하기 위해 간접인장시험을 실시할 수 있다. Fig. 4는 Fig. 3의 전단 시험기를 간접인장을 시험할 수 있도록 몰드 교체한 모습이다.

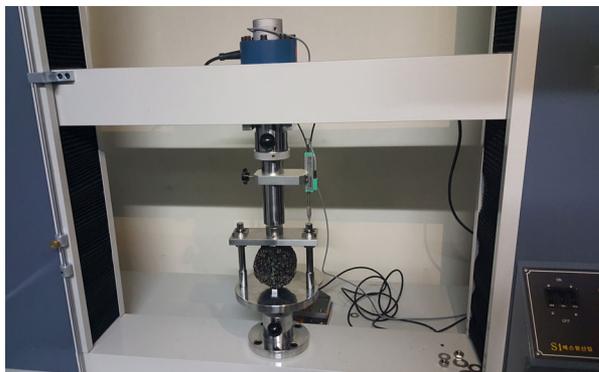


Fig. 4 Test Machine for In-direct Tension Test

5. 접착성능시험결과

본 연구에서 수행한 전단시험의 목적은 실제 교통환경을 고려하여 유화 아스팔트의 중축 전단 저항력을 평가하는 것과 포장 표층 및 하부층 사이에서 발생할 수 있는 용기 저항성을 평가하는 것이다. 결론적으로 포장의 소성변형 및 피로에 의한 전단 및 부착 성능을 평가할 수 있는 시험이다.

혼합물의 전단에 적용되는 최대하중은 Eq. (1)에 의해 전단성능이 평가된다.

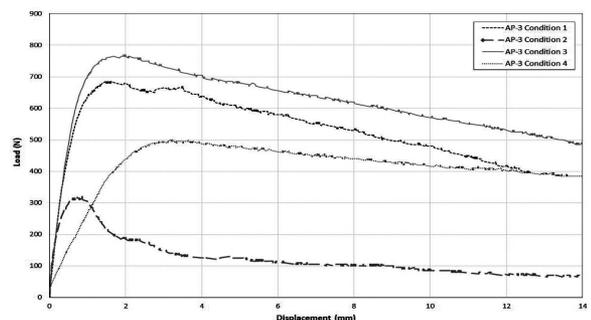
$$ISS = \frac{P_{ult}}{\pi D^2/4} \quad (1)$$

여기서, ISS, P_{ult} 및 D 는 각각 접촉면 전단강도, 시편에 가해지는 최대 강도 및 공시체의 직경을 나타낸다.

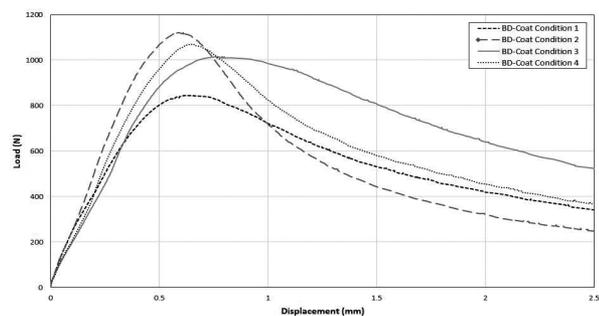
본 연구에서 제작한 아스팔트 혼합물과 개발한 특수 전단 시험기를 이용하여 실험한 결과는 아래 Table 2 및 Fig. 5와 같다.

Table 2. ISS Result from Shear Test

Type	Application rate (ℓ/m^2)	Condition	P_{ult} (N)	ISS (Pa)
AP-3	0.3	1	685	87,216.9
	0.45	2	320	40,743.7
	0.6	3	770	98,039.4
	0.8	4	500	63,662.0
RSC-4	0.3	1	880	112,045.1
	0.45	2	325	41,380.3
	0.6	3	655	83,397.2
QRS-4	0.3	1	880	112,045.1
	0.45	2	325	41,380.3
	0.6	3	655	83,397.2
	0.8	4	175	22,281.7
BD-Coat	0.3	1	385	49,019.7
	0.45	2	465	59,205.6
	0.6	3	740	94,219.7
	0.8	4	535	68,118.3
BD-Coat	0.3	1	845	107,588.7
	0.45	2	1120	142,602.8
	0.6	3	1015	129,233.8
	0.8	4	1070	136,236.6

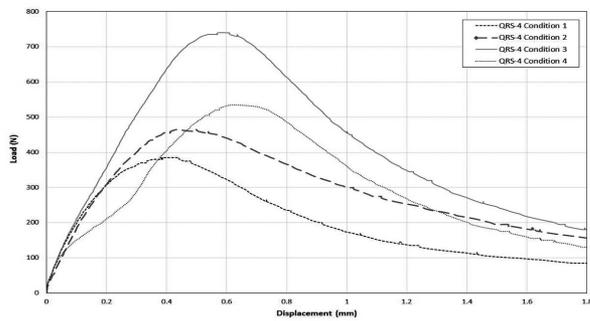


(a) AP-3

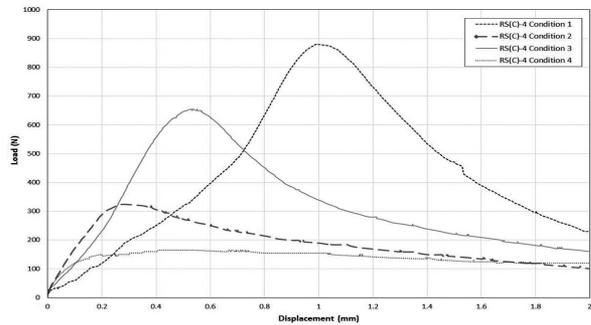


(b) BD-Coat

<Figs. Continued>



(c) QRS-4



(d) RSC-4

Fig. 5 Result of Direct Shear Test

Table 3. Error Analysis of Shear Test

Type	Condition	RMSE (N)	MPE (%)
AP-3	1	9.43	6.67
	2	42.49	12.82
	3	12.47	5.56
	4	21.60	11.43
RSC-4	1	8.50	1.73
	2	69.56	11.11
	3	23.21	2.48
	4	66.37	11.84
QRS-4	1	86.63	10.26
	2	133.67	16.07
	3	44.03	3.28
	4	69.76	7.48
BD-Coat	1	45.52	0.28
	2	59.07	14.58
	3	54.37	9.96
	4	62.36	10.00

6. 결론

본 연구에서는 아스팔트 포장층 사이에 부착강도를 증진시키기 위한 목적으로 적용되는 유화 아스팔트의 종류에 따른 전단강도 및 최적 포설량을 파악하는 것에 그 목적을 두었다. 이러한 본 연구의 목적을 달성하기

위해 특수한 장비를 개발했으며, 이 장비를 이용해 다양한 종류의 택코팅의 전단강도뿐만 아니라 포장 용기에 따른 횡축부착강도를 파악했다. 이에 대한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 시험의 평균적인 접착면 전단강도로 보아 BD-Coat가 가장 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났다.
2. 본 연구에서 묘사한 표층 및 중간층 사이에서 발생하는 전단강도는 택코트를 적용하는 목적 혹은 환경에 따라 그 성능이 달라진다는 것을 감안했을 때, 일반 가열 아스팔트 포장의 표층과 중간층 사이에서는 AP-3, RS(C)-4, QRS-4, BD-Coat의 최적함량은 각각 0.6 l/m^2 , 0.3 l/m^2 , 0.6 l/m^2 , 0.45 l/m^2 으로 파악되었다.
3. AP-3 및 RS(C)-4는 전단강도가 $0.3\sim 0.6\text{ l/m}^2$ 사이에서 증가되나 그 이상이 적용되는 경우 오히려 전단강도가 감소하는 경향을 보였다. QRS-4 역시 0.6 l/m^2 적용률까지는 전단강도가 증가했으나, 그 이후에는 오히려 감소했다. 이와 유사하게 BD-Coat는 0.45 l/m^2 에서 가장 큰 전단강도를 보이며, 그 이상의 적용률에는 소폭으로 감소하여 큰 차이를 보이지 않았다.

Acknowledgement

This study was conducted under research project (Development of Eco-Friendly Pavements to Minimize Greenhouse Gas Emissions) funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) and the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement(KAIA). The authors would like to thank the members of research team, MOLIT and KAIA for their guidances and supports throughout the project.

REFERENCES

- Dowan Kim, Sungho Mun. (2015) "A Study for Evaluation of Hot Mixed Asphalt Mixtures with Tack-Coat Regarding High-Frequency Dynamic Resistance Performance and Bonding Property", International Journal of Highway Engineering, Vol. 17, No. 3, pp. 35-47.
- Kim, Nak-Suk. (2001) "Evaluation of Slant Shear Strength of Recycled Asphalt Mixture with Different Tack Coat Applications", Journal of the Korean Institute of Resources Recycling, Vol. 10, No. 1, pp. 32-41.
- Korea Expressway Corporation. (2012) "Expressway Construction Guide Specification".
- Ministry of Construction & Transportation. (2007) "Site Construction Quality Control of Asphalt Pavement".
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. (2009) "Asphalt

Mixture Production & Construction Guide”.

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. (2011) “Bridge-decks Surfacing Design & Construction Provisionally Guide”.

Ministry of Land, Infrastructure, and Transport. (2014) “Guide for the reduction of pothole in asphalt concrete mixture”.

Tae-Soon Park, Nak-Suk Kim. (2002) “Evaluation of Bonding Strength of Non-woven Paving Fabric Using Different Tack Coats by Slant Shear Test”, The Spring 2002 Geosynthetics Conference, pp. 55-68.