

국내 아스팔트 콘크리트 포장용 택코팅제의 기초물성 평가

Evaluation of Domestic Tack-Coating Material's Properties for Asphalt Concrete Pavement

이재준	Lee, Jaejun	정회원 · 전북대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)
김승훈	Kim, Seung-Hoon	정회원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : kshqkqhekd@naver.com)
임재규	Lim, Jaekyu	한국건설기술연구원 도로포장연구실 (E-mail : jklim@kict.re.kr)
한종민	Han, Jongmin	정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 선임연구원 · 교신저자 (E-mail : jmhan@kcl.re.kr)
이광준	Lee, Kwang-Joon	서남대학교 토목공학과 조교수 (E-mail : kingjoon@hanmail.net)

ABSTRACT

PURPOSES : The objective of this study is to evaluate the tack-coating material's properties using the bitumen bond strength(BBS) test and damping test as function of changed curing times. In this study, bonding strength tests were performed according to the curing time of tack coating materials.

METHODS : In order to investigate bonding characteristic of tack coating materials, the Pneumatic Adhesion tensile Testing Instrument(PATTI) device is used to measure the bond strength between the tack coating materials and aggregate substrate based on the AASHTO TP-91. Also, damping test as in situ test was used to determine an appropriate traffic opening time for construction vehicle. Four different tack-coating materials were used in this study. The BBS tests were performed a one hour curing and testing temperatures of 5°C, 15°C, and 25°C. Damping test was conducted at 30min, 60min, 90min, and 120 min of curing times with temperatures of 20°C and 30°C.

RESULTS and CONCLUSIONS : The BBS test results show various bond strength as function of tack coat materials. At the same testing condition, A tack coat material shows almost two times higher than D tack coat materials although both materials are satisfied the criteria of material's physical properties. Also, Damping test results shows similar trend with BBS test result. The damping test result was significantly changed as function of tack coat materials. Based on this study, the tack coating material's curing time is very important. Therefore, both curing time and the bond strength's characteristic has to be considered in standard specification.

Keywords

tack coat, BBS, damping test, curing

Corresponding Author : Han, Jong-min, Research Engineer
Jeonbuk Branch, Honam Business Division, Korea Conformity
Laboratories, Republic of Korea, 561-330, Korea
Tel : +82.63.271.9944 Fax : +82.63.271.9941
E-mail : jmhan@kcl.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)

Received Nov, 14, 2014 Revised Nov, 18, 2014 Accepted Dec, 10, 2014

1. 서론

국토교통부의 통계자료를 보면 우리나라의 도로 전체 연장은 105,703km이며, 이중 83%인 88,184km는 아스팔트 또는 콘크리트로 포장이 되었다(MOLIT, 2013). 도

로연장의 증가와 함께 최근 기상이변 등으로 인하여 도로에서 포트홀 등이 많이 발생하면서 사회적으로 도로에 대한 관심이 증가하고 있는 상황이다. 건설된 도로를 포장할 때 각층의 포장층과 층 부착을 향상시키기 위하여 항상 사용되는 것이 택코팅이다. 택코팅의 주요 역할은

두 개의 아스팔트 또는 콘크리트와 아스팔트 층과 층 부착을 향상시키는 것이며, 시멘트 콘크리트 포장체 위에 새로운 아스팔트 층을 시공할 때에도 두 층의 부착력을 확보하기 위하여 현재 사용되고 있다(Mohammad et al, 2012).

포장층과 층의 양호한 부착력은 도로 포장표층에서 전달되는 교통하중을 포장체 전체로 전달함으로써 포장체가 교통하중을 충분히 지지함으로써 계획된 포장의 공용수명을 확보할 수 있다. 하지만, 불량 택코팅으로 인하여 포장경계면의 접착력 부족은 밀림, 신·구 포장층의 분리, 조기피로균열, 포트홀 등의 파손을 유발하여 포장공용수명을 감소시킬 수가 있다(Cho, 2013). 아스팔트 콘크리트 포장의 파괴 메카니즘은 Fig. 1에서와 같이 포장체를 주행하는 차량하중으로 인하여 수평전단 응력과 수직인장응력이 발생하여 최대접착강도를 초과할 경우 포장파손이 발생한다고 한다(Mohammad et al, 2012). 적정량의 택코팅제를 사용함으로써 전단접착강도가 증가하며 소성변형이 감소함으로써 덧씌우기 포장의 공용성능 향상에 중요한 역할을 한다는 연구결과가 보고되기도 하였다(Leng et al, 2008).

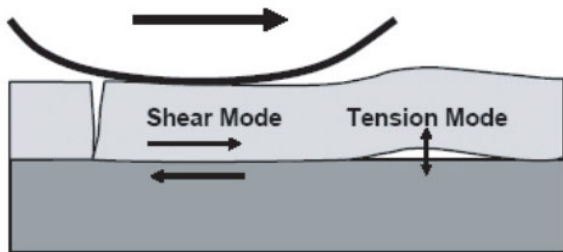


Fig. 1 Distress Modes at Pavement Interface under Service Conditions (Mohammad et al., 2012)

택코팅 관련 국내기준을 살펴보면, 택코팅 사용량에 대한 기준과 재료품질에 대한 기준만이 존재하고 있다. 다양한 택코팅 재료가 국내 현장에서 사용되고 있으나, 재료의 특성에 상관없이 동일하게 0.3~0.6l/m²를 적용하도록 되어 있다(KEC). 이 기준은 살포량 기준으로 택코팅 시공 시 유화아스팔트가 포장위에 살포된 뒤에 수분이 증발된 이후 잔존하는 아스팔트 잔류량을 고려하지 않은 기준이다. 국내와는 달리 미국에서는 Table 1과 같이 택코팅 살포량을 종류별로 적용하고 있다. Table 1에서 설명해주고 있는 것과 같이 단순하게 살포량을 사용하는 것이 아니라 물이 증발한 후 남아있는 아스팔트 량을 기준으로 적용하고 있음을 알 수 있다. 또한, 포장체 종류 및 조건에 따라서 살포량 기준이 변함을 알 수 있었다.

Table 1. Typical Tack Coat Application Rates (Mohammad, 2012)

Pavement Condition	Application rate(gal/yd ²)		
	Residue	Undiluted	Diluted(1:1)
New HMA	0.03~0.04	0.05~0.07	0.10~0.13
Oxidized HMA	0.04~0.06	0.07~0.10	0.13~0.20
Milled Surface(HMA)	0.06~0.08	0.10~0.13	0.20~0.27
Milled Surface(PCC)	0.06~0.08	0.10~0.13	0.20~0.27
Portland Cement Concrete	0.04~0.06	0.07~0.10	0.13~0.20

Park et al.(2002)는 택코팅제 사용량도 중요하지만, 국내에서 사용되고 있는 택코팅제는 유화아스팔트이기 때문에 최적의 부착성능을 발휘하기 위해서는 양생기간이 중요하며, 양생기간은 기후환경에 영향을 받으며, 양생기간을 단축하기 위한 재료개발 연구를 수행하였다. Fig. 2은 아스팔트 포장공사 현장에서 쉽게 볼 수 있는 장면의 하나이다. 택코팅제를 살포한 후, 양생이 완전히 되지 않은 상황에서 아스팔트 혼합물 운송차량의 타이어 자국이 남아있어서, 이러한 향후 아스팔트 층과 층의 부착이 안되어 아스팔트포장 공용수명을 저하시키는 문제점을 발생하기도 한다. 아스팔트 층과 층이 적절하게 부착이 되지 않은 경우에는 기존 아스팔트 층과 새롭게 신설된 아스팔트 층이 분리가 되어 slippage 또는 sliding failure가 일어난다고 보고되었다. Fig. 2와 같은 현상을 피하기 위해서는 택코팅제가 완전히 양생된 이후에 차량이 운행할 수 있도록 해야한다(Mohammad, et al, 2012).



Fig. 2 Pick up of Tack Coat Materials by Construction Truck

Clark, T.T. et al.(2012)는 택코팅 재료가 타이어바퀴에 묻어나지 않는 재료를 평가하기 위하여 7개의 재료를 이용하여 실내에서 택코팅제의 묻어나는 현상과 인

장과 전단강도를 통하여 부착성능을 평가하였다. Fig. 3. 은 ASTM D 711에 수록되어 있으며, Clark이 택코팅의 묻어나는 특성을 평가하기 위하여 사용한 기구를 나타내고 있으며, 본 기구는 주로 도로포장의 차선도색재료를 평가하는데 사용되고 있다. Fig. 4는 택코팅제 묻어나는 특성을 테스트하는 장비를 보여주고 있으며, Fig. 3의 기구를 Fig. 4 장치에서 이동시킨 후 그 천에 택코팅 재료가 묻어나는 현상으로 그 성능을 평가하였다.



Fig. 3 Tracking/Pickup Device Specified in ASTM D 711 (Clark, 2012)

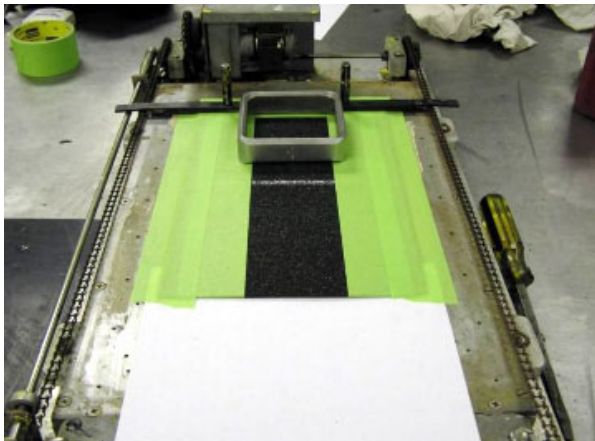


Fig. 4 Draw Down Device for Applying Tack at Desired Rate (Clark, 2012)

Tashman et al.(2006)은 아스팔트 포장공사 시 사용되는 택코팅 재료의 부착특성에 영향을 미치는 요소들에 대하여 연구를 수행하였다. 연구에서 고려한 항목으로는, 양생시간, 택코팅제 살포량, 코어위치 그리고 표면처리방법을 선택하여 연구를 수행하였다. 밀링처리가 아스팔트 층들의 부착을 가장 향상시키는 항목으로 평가되었으며, 양생시간도 택코팅제의 부착강도에 영향을 주는 것이라는 연구결과가 도출되었다.

Tashman은 택코팅제의 부착강도를 측정하기 위하

여 Torque Bond Test(Fig. 5) 와 UTEP(University of Texas at El Paso)에서 개발된 the Pull-off test(Fig. 6) 장비를 이용하였다.

Al-Qadi, et al. (2008)은 시멘트 콘크리트 포장위에 아스팔트 포장 덧씌우기층 사이의 부착성능이 포장수명에 큰 영향을 주는 요소이기 때문에 실내 연구를 통하여 부착특성 평가 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 직접 전단 테스트 장비를 활용하여 콘크리트 포장과 아스팔트 포장의 부착성능을 평가하였으며, 수분의 영향으로 부착성능이 크게 감소하는 결과도 도출할 수 있었다.



Fig. 5 WDSOT Personal Performing the Torque Bond Test (Al-Qadi, 2008)

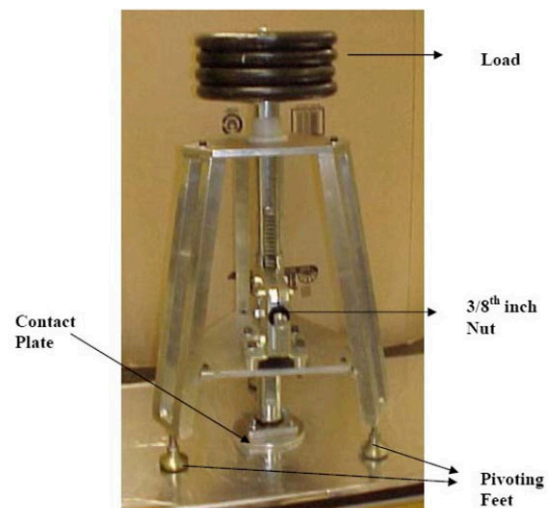


Fig. 6 UTEP's Pull-off Test (University of Texas at El Paso, Al-Qadi, 2008)

Fig. 7은 국내에서 택코팅제의 경화정도를 알아보기 위하여 시행한 테스트 장면을 나타내고 있다. Fig. 3과 Fig. 4와 같이 해외에서는 택코팅 재료의 양생정도를 측정할 수 있는 장비와 테스트 방법이 있으나, 국내에서

는 아직 이러한 규정이 미흡하기 때문에 콘크리트 공시체 위에 텍코팅제를 살포한 후 경과시간에 따른 텍코팅 양생정도를 손에 아스팔트가 묻는지로 평가하였다(Cho, 2013).

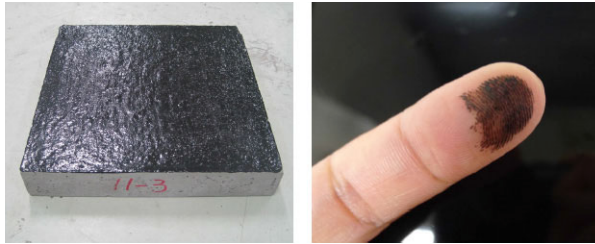


Fig. 7 Set-to-touch Test (Cho, 2013)

2. 실험

2.1. 실험계획

본 연구에서는 아스팔트 포장에서 널리 사용되고 있는 텍코팅 재료에 대하여 시험하였으며, 4종류의 유화아스팔트 A~D에 대하여 살포량에 따른 접착특성과 텍코팅제 A, B, C, D에 대하여 양생시간에 따른 접착특성을 비교·분석하였다. 접착특성을 분석하기 위하여 인장접착강도시험(PATTI Test)와 damping 정도를 시간대별로 측정 평가하였다.

2.2. 실험재료

본 연구에 사용된 텍코팅용 유화아스팔트는 포장과의 접착성을 향상시킨 개질유화아스팔트 A와 현재 국내 도로 포장에서 텍코팅 재료로 사용되고 있는 일반유화아스팔트 B, C와 양생시간을 단축시킨 속경성 유화아스팔트 D를 선정하여 실험에 사용하였다.

2.3. 실험방법

2.3.1. Bitumen Bond Strength(BBS) TEST

유화아스팔트와 골재표면의 접착력을 측정하기 위하여 National Institute of Standards and Technology사의 PATTI(Pneumatic Adhesion tensile Testing Instrument) 장비가 사용된다(Fig. 8). 최근 AASHTO에서는 아스팔트 접착력 시험법을 개발하였으며, AASHTO-TP 91에 기재하여 아스팔트 접착력 시험(Bitumen Bond Strength(BBS) Test)으로 명명하여 사용하고 있다(Im, et al, 2014). 유화아스팔트는 온도에 따라 공용 특성 및 파괴거동이 다르기 때문에 온도 특성을 파악하기 위하여 본 연구에 사용된 실험

샘플을 챔버에서 양생을 실시 한 후 가열된 스티드를 양생된 샘플위에 부착 후 30분 후에 부착강도를 측정하였다. Fig. 8은 BBS 테스트 장비를 소개해 주고 있다. BBS test는 양생온도는 5℃, 15℃, 25℃에 대하여, 1시간 양생된 텍코팅재료들의 부착강도를 측정하였다.

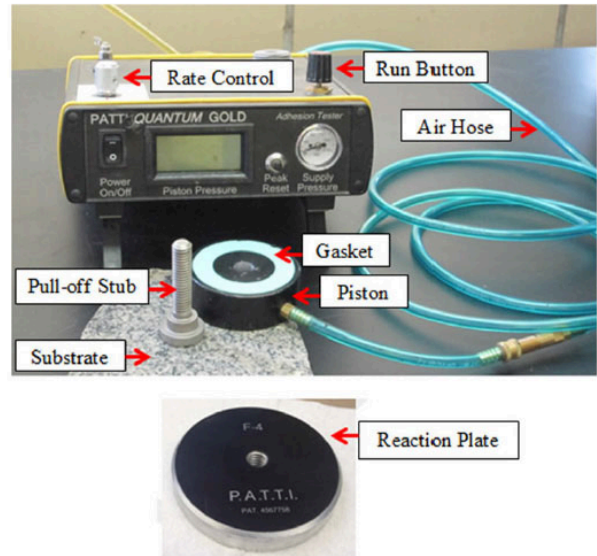


Fig. 8 PATTI Test Set up (Im, et al, 2014)

2.3.2. BBS 시험 샘플 제작

본 테스트의 목적은 유화아스팔트와 골재표면 사이의 최대접착력을 측정하는 것으로, 화강석으로 만든 판위에 유화아스팔트를 떨어뜨려서 시편을 제작하였다. 골재의 표면거칠기, 유화아스팔트의 두께 등이 변화할 경우 실험결과에 크게 영향을 미칠 수 있기 때문에 동일한 실험조건에서 본 실험을 실시하기 위하여 샘플의 일정한 접촉면적과 두께를 유지하기 위하여 실리콘 재질의 몰드(지름 20mm의 구멍이 있는 400mm×400mm 사각형 모양)와 규격화된 크기의 pull-out stub을 사용



Fig. 9 Preparation of Pull-out Stub by PATTI

하였다. 화강석 시편위에 일정량의 유화아스팔트를 떨어뜨린 후에 챔버에 넣고 3가지의 다른 온도에서 1시간씩 양생을 시킨 후, pull-out stub을 붙였다.(Im, et al, 2014) Fig. 9는 양생된 시편위에 pull-out stub를 붙인 전경을 보여주고 있다.

2.3.3. Damping Test

Im, et al.(2013)의 논문을 참고하여 텍코팅제의 양생 유무를 확인하기 위하여 Fig. 3과 같이 Damping 테스트를 실시하였다. 시험방법은 흡수천을 시간과 온도별 양생된 유화아스팔트위에 놓고 그 위에 1kg의 추를 15초동안 올려 놓은 후 천에 흡수되는 유화아스팔트 양을 측정하는 것으로 평가를 하였다. 본 시험에 사용된 유화아스팔트 살포량은 0.3l/m²로 하였으며, 시험온도는 20℃, 30℃에서 수행하였으며, 측정시간은 30분, 60분, 90분, 120분 양생 후 그 결과를 측정하였다.

3. 실험결과

3.1. 재료 시험결과

본 연구에 사용된 4가지 종류의 유화아스팔트의 재료 특성을 고려하여 KS M 2203에 준하여 평가를 하였으며, 국내 기준이 미흡한 경우에는 일본의 규정을 적용하였으며, 품질시험결과와 관련된 기준을 Table 2~5와 같다. Table 2~Table 5에서 보는 것과 같이 제품마다 물리적 성질에 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 제품을 개발할 때 첨가되는 재료 및 첨가량의 변화에 의하여 발생된 것이라 판단된다.

Table 2. Physical Properties of Tack Coat (A)

Item	Unit	Result	Spec ¹⁾	Test Method
Viscosity (Engler, 25°C)	-	7	1~15	KS M 2203 : 2008
Sieve test (1.18mm)	%	0.2	≤ 0.3	
Adhesion	-	3/4	> 2/3	
Particle Charge		+	+	
Sieve, Retained	%	55	> 50	KS M 2250 : 2007
Residue Penetration (25°C)	1/10mm	10	5~30	
Soft point	℃	76	> 55.0	
Solubility in trichloroethylene	%	98.93	-	KS M 2203 : 2008
Storage stability	%	0.6	≤ 1	

1) 日本工業規格, JIS K 2208 : 2000, 表 A-5 品質基準性能

Table 3. Physical Properties of Tack Coat (B)

Item	Unit	Result	Spec ²⁾	Test Method
Viscosity (Engler, 25°C)	-	5	1~6	KS M 2203 : 2008
Sieve test (1.18mm)	%	0.2	≤ 0.3	
Adhesion	-	3/4	2/3 이상	
Particle Charge		+	+	
Sieve, Retained	%	55	50 이상	
Residue Penetration (25°C)	1/10mm	89	60~150	
Residual Ductility(15°C)	cm	109	40 이상	
Solubility in trichloroethylene	%	99.2	98 이상	
Storage stability	%	0.6	1 이하	

Table 4. Physical Properties of Tack Coat (C)

Item	Unit	Result	Spec ²⁾	Test Method
Viscosity (Engler, 25°C)	-	5	1~6	KS M 2203 : 2008
Sieve test (1.18mm)	%	0.2	≤ 0.3	
Adhesion	-	3/4	> 2/3 이상	
Particle Charge		+	+	
Sieve, Retained	%	55	50 이상	
Residue Penetration (25°C)	1/10mm	89	60~150	
Residual Ductility (7°C)	cm	109	40 이상	
Solubility in trichloroethylene	%	99.2	98 이상	
Storage stability	%	0.6	1 이하	

Table 5. Physical Properties of Tack Coat (D)

Item	Unit	Result	Spec ²⁾	Test Method
Viscosity (Engler, 25°C)	-	6	1~10	KS M 2203 : 2008
Sieve test (1.18mm)	%	0.2	≤ 0.3	
Adhesion	-	3/4	< 2/3	
Particle Charge		+	+	
Sieve, Retained	%	58	> 50	
Residue Penetration (25°C)	1/10mm	63	60~100	
Residual Ductility (7°C)	cm	107	> 100	
Solubility in trichloroethylene	%	98.78	-	
Storage stability	%	0.6	≥ 1	

2) 서울시, 개질아스팔트 포장시방서, 2011, 2, 표3-2 개질유화아스팔트의 품질기준

3.2. BBS Test 결과

Fig. 10은 본 실험에서 사용한 4종류의 택코팅 재료에 대하여 5℃, 15℃, 그리고 25℃에서 1시간 양생 후 BBS 측정결과를 나타내고 있다. Fig. 10에서와 같이 택코팅제의 종류에 따라서 각각의 점착력이 다른 특성을 가지고 있음을 알 수 있었다. A 제품의 부착력이 가장 우수하게 나타났으며, D 제품의 경우 부착강도가 60~80psi로 가장 낮은 결과가 도출되었다. 이와 같이 부착강도 특성이 각각 다르기 때문에 택코팅 시방기준에도 부착강도 특성을 고려한 기준을 적용해야 한다고 판단된다. 또한, 양생온도가 증가할수록 부착강도가 증가하는 제품도 있고, 크게 변화없이 비슷한 부착강도를 나타내는 제품도 있었다.

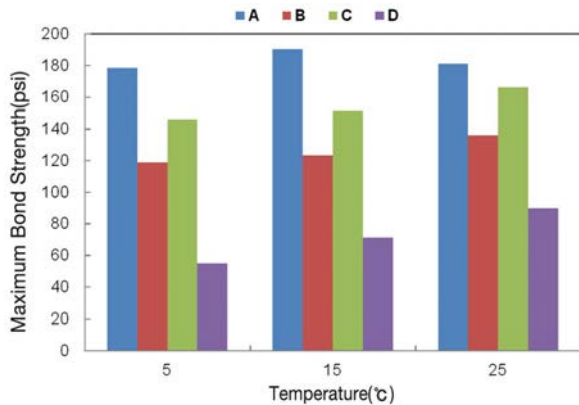


Fig. 10 BBS Test Result

3.3. Damping Test 결과

Fig. 11과 Fig. 12는 20℃와 30℃에서 4종류의 택코팅 재료에 대하여 Damping test 측정결과를 나타내고 있다. Fig. 11과 Fig. 12에서 보여주고 있는 것과 같이 양생시간이 증가할수록 천에 흡수되는 유화아스팔트 양이 감소하는 경향을 알 수 있었다. 또한, 택코팅 재료에 따라 양생온도에 따라서 천에 흡수되는 경향이 크게 다를 수 있었다. 이는 택코팅 제품마다 시간에 따른 양생특성이 다르기 때문에 이와같은 결과가 도출되었다고 판단된다. Fig.11과 Fig.12를 보면 A 제품이 가장 천에 바인더가 묻어나지 않았으며, B 제품이 가장 많이 묻어나는 경향을 보였다.

Fig. 13과 Fig. 14는 디지털 이미지 프로세싱을 통하여 Fig. 11과 Fig. 12에서 나타난 이미지에 대하여 검정색 픽셀의 수를 정리한 결과를 보여주고 있다. Fig. 13은 20℃에서 양생한 택코팅 재료들의 Damping 결과이며, Fig. 14는 30℃에서 양생한 택코팅 재료의 픽셀

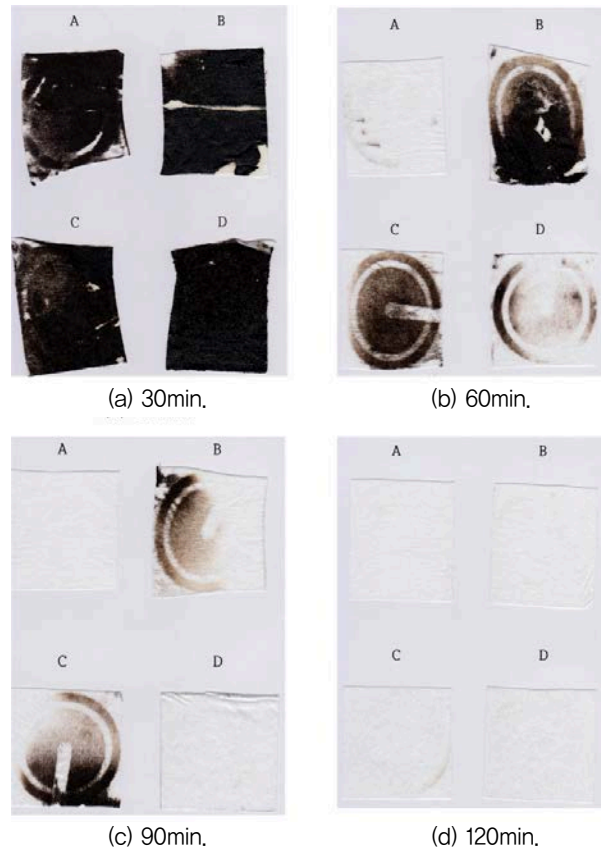


Fig. 11 Damping Test Result at 20℃

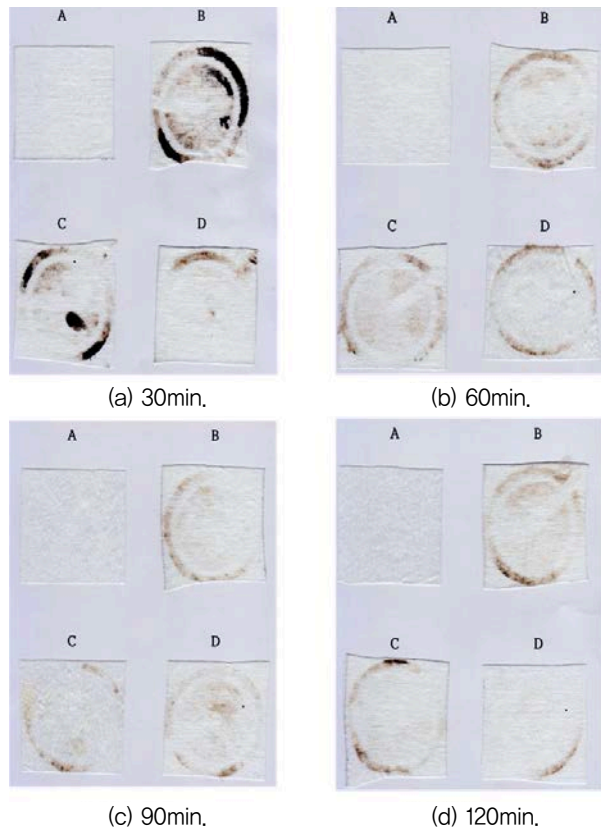


Fig. 12 Damping Test Result at 30℃

수를 정리한 것이다. Fig. 13과 Fig. 14의 비교를 통하여 온도에 따른 Damping 결과가 크게 변화됨을 알 수 있었다. Fig. 13에서와 같이 20℃ 양생의 경우 90분 양생 이후에도 B,C 제품에서 검정색이 남아 있으나, 120분에서는 검정색 Pixel이 거의 사라짐을 알 수 있었다. 이는 두 제품(B,C)는 20℃의 공사현장에 포설되었을 경우, 최소 2시간 이상 양생을 해야 공사차량의 바퀴에 유화아스팔트가 묻어나지 않을 것으로 판단된다. Fig. 11~Fig.14 를 통하여 양생온도에 따라 서로 택코팅제의 경향이 크게 변화하는 것을 알 수 있었다. 20℃와 30℃, 즉 10℃의 온도차이에 의하여 Damping 결과가 확연히 다른 경향을 나타냄을 알 수 있었다.

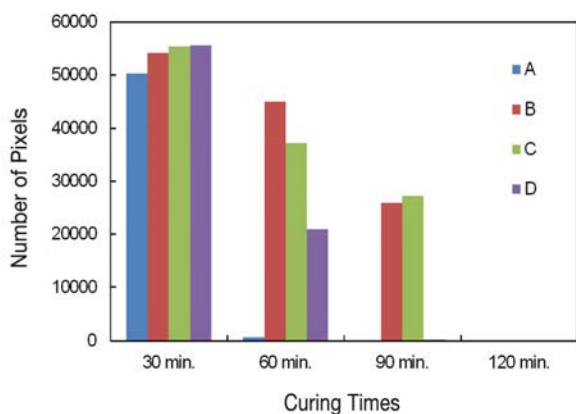


Fig. 13 Damping Test Result at 20°C

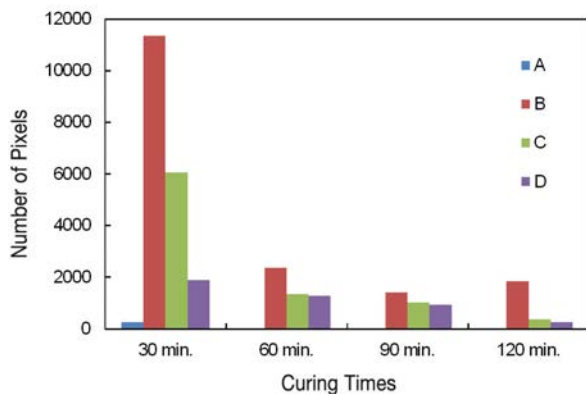


Fig. 14 Damping Test Result at 30°C

이는 현장에 적용하였을 경우, 더운 여름철과 초봄 또는 늦은 가을철 공사 시, 아스팔트 포장 공사 2시간 전에는 택코팅을 실시해야 Fig. 2와 같은 현상을 미리 예방할 수 있다고 판단된다. Fig. 2와 같이 현장에서 공사차량으로 인하여 택코팅 재료가 없어져서 아스팔트 층과 층이 분리가 되어 아스팔트 공용수명을 저하시킬 수 있다. 따라서, 국내에서도 택코팅 시방서 기준에 제품별

양생시간 등을 준수하도록 정할 필요가 있다고 판단된다. 택코팅의 부실로 인하여 층 분리 또는 밀링과 같은 조기파손으로 인한 문제 발생을 사전에 예방할 필요가 있으며, 택코팅의 부실로 인하여 포트홀이 발생하는 경우도 많이 발생하고 있기 때문이다.

4. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 국내에서 사용되고 있는 택코팅제의 부착특성과 양생온도와 시간에 따른 Damping test 결과를 통하여 택코팅재료의 특성을 분석하였다.

1. 물리적 성질 분석결과 제품마다 그 성질이 다르게 나타남을 알 수 있었으며, 모두 국내외기준을 만족하였다.
2. 택코팅제의 부착강도 측정결과 제품마다 그 부착강도가 양생온도에 따라서 다르게 측정되었다. 제품에 따라서 크기는 2배의 부착강도 차이가 발생하는 경우도 있었다.
3. 부착강도 측정결과에서 제품에 따라서 양생온도가 높아질수록 부착강도가 증가하는 경우도 있었으나, 양생온도와 상관없이 비슷한 부착강도 특성을 나타내는 제품도 있었다.
4. Damping test에서도 부착강도 테스트와 비슷한 경향으로 제품마다 양생온도에 따라서 다양한 결과도 출되었다. 제품마다 천에 묻어나오는 양의 차이가 현저히 차이나는 것을 알 수 있었다. 이는 택코팅을 살포 후 양생온도를 잘 지켜야 함을 강조하고 있다.
5. 택코팅 여부에 따라서 포장공용수명에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 국내 택코팅 살포기준을 양생 후 잔존 아스팔트 바인더양으로 개정과 함께 제품특성에 따른 부착강도 기준과 온도별 양생시간을 포함한 기준 적용 등에 다양한 연구가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술지역특성화사업 연구개발사업의 연구비지원(과제번호 14RDRP-B079706-01)에 의해 수행되었습니다. 연구비지원에 감사드립니다.

References

- Al-Qadi, I.L., Carpenter, S.H., Leng, Z., Ozer, H., and Trepanier, J.S. (2008) Tack coat optimization for HMA Overlays Laboratory Testing, Illinois Center for Transportation Department of Civil and Environmental Engineering University

- of Illinois at Urbana-Champaign.
- 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.
- Cho, M.J. (2013) Investigation into Bonding Characteristics of Tack Coat Materials for Asphalt Overlay on Concrete Pavement, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 15, No. 4, pp85-94.
- Clark, T. M., Rorrer, T.M., and McGhee, K.K.,(2012) Trackless Tack Coat Materials: A Laboratory Evaluation for Performance Acceptance, Virginia Center for Transportation Innovation & Research,
- Cross, S.A. and Shrestha, P.P.(2005) Guidelines for Using Prime and Tack Coats, Central Federal Lands Highway Division, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Im, J., Kim, Y. R., Yang, S.(2014) Bond Strength Evaluation of Asphalt Emulsions used in Asphalt Surface Treatments, *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 16, No. 5, pp 1-8.
- Im, J. and Kim, Y.R., (2013) Methods for Fog Seal Field Test with Polymer-Modified Emulsions Development and Performance, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 2361, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp. 88-97.
- KEC(Korea Expressway Corporation), Chapter 9, Standard Specification of Asphalt Concrete Pavement Construction.
- Mohammad, L. N., Elseifi, M.A., Bae, A., Patel, N., Button, J., and Scherocman, J.C., (2012) Optimization of Tack Coat for HMA Placement, NCHRP Report 712, Transportation Research Board of the National Academies.
- MOLIT(Ministry of Land, Infrastructure and Transport)(2013) 2013 Road work handbook(2013 도로업무편람)
- Park, Tae-Soon., and Kim, Nak-Suk,(2002) Evaluation of Bonding Strength of Non-woven Paving Fabric Using Different Tack Coats by Slant Shear Test, The spring Geosynthetics Conference
- Tashman, L., Nam, K., and Papagiannakis, T.(2006) Evaluation of the Influence of Tack coat Contribution Factors on the The Bond Strength between Asphalt Pavement, Washington State Department of Transportation