

국내 현장중온재생공법의 효율적인 가열공정을 위한 기초연구

A Fundamental Study for the Efficient Heating System for Warm In-Place Recycling in Korea

김 대 훈 Kim, Dae-Hun
권 수 안 Kwon, Soo-Ahn
이 재 준 Lee, Jae-Jun

정회원 · 전북대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : kidsmini@hanmail.net)
정회원 · 한국건설기술연구원 국가건설기준센터장 (E-mail : sakwon@kict.re.kr)
정회원 · 전북대학교 토목공학과 방재연구센터 조교수 · 교신저자 (E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The objective of this study is to determine the milling temperature that minimizes the binder-induced damage to the aggregate; this is achieved by evaluating the temperature dependence of the viscosity of the asphalt binder, with the aim of developing an effective heating process for warm in-place recycling.

METHODS : The validity of the indoor test was confirmed by conducting an internal heating test based on the on-site heating test. In addition, the adhesive power of the binder was measured at various temperatures (30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C) via three types of measuring methods.

RESULTS : The surface temperature spectrum of field test was slight different with that of laboratory test. But, the spectra of inner temperature between the field and the laboratory was almost similar. Also, the adhesion of the asphalt binder was measured from 30°C to 70°C. The adhesion of the binder was significantly decreased from 60°C. Contrary to other temperature, the adhesion was slightly changed from 60°C to 70°C. Also the inner temperature between two different heating methods was shown similar temperature spectra.

CONCLUSIONS : The pavement heating temperature spectrum of hot in place recycling method was simulated by a laboratory test. Based on this study, the optimum temperature was 60°C~70°C for reducing aggregate damage during milling process. The susceptibility heating method developed in this study can be maintained the optimum inner temperature range.

Keywords

gas burner, heating system, hot in-place, warm in-place, milling

Corresponding Author : Lee, JaeJun, Assistant Professor
Department of Civil Engineering, Chonbuk National University, 567,
Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54896, Korea
Tel : +82.63.270.2427 Fax : +82.63.270.2421
E-mail : lee2012@jbnu.ac.kr

International Journal of Highway Engineering

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

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Nov. 30, 2015 Revised Dec. 02, 2015 Accepted Mar. 28, 2016

1. 서론

꾸준한 도로인프라 구축으로 인하여 13,949km의 일반국도가 구축이 되어 국민들에게 편리하게 이동할 수 있는 공간을 제공해주고 있다. 도로연장의 증가와 함께 이상기온으로 인한 환경적인 영향, 교통량 증가로 인하

여 도로포장 유지보수비는 점차적으로 증가하고 있는 경향을 나타내고 있다(MOLIT, 2015). 일반국도 포장 도로의 약 90%는 아스팔트 콘크리트 포장으로 시공이 되어 있다. 일반적으로 널리 사용되고 있는 아스팔트 콘크리트 포장의 유지보수공법으로는 절삭 후 재포장이

널리 사용되고 있다. 이때 절삭 시 발생하는 폐 아스팔트 콘크리트 재활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 국내에서도 폐 아스팔트 콘크리트 재활용을 단순 뒷채움재가 아닌 도로포장용으로 사용하기 위한 연구를 정책적으로도 지원하고 있는 추세이다. 다양한 재활용 유지공법 중 유럽과 미국과 같은 선진국에서 널리 사용되고 있는 현장가열재생공법은 국내의 환경적인 정책 면에서나 시공성의 간편성 때문에 많은 주목을 받고 있는 공법 중 하나이다. 국내에서도 현재 현장가열재생공법이 적용되고는 있으나 장비의 노후화에 따라 제한적으로 사용되고 있는 실정이다. 현재 국내에서 사용되고 있는 현장가열재생가열공법의 장비 운영현황을 파악하기 위해 시공 현장을 직접 방문하여 조사한 결과 장비의 노후화에 따른 가열온도의 불균일성 및 다량의 유증기 발생 등 다양한 문제점들이 발생하는 것을 확인하였으며, 대부분의 문제점들은 가열공정에서 발생하는 것으로 판단되었다. 가열공정 장비에 대해 선진국 및 국내에서는 간접가열 방식을 바탕으로 마이크로웨이브, 열선, 가스버너, 적외선, 온풍 등 다양한 종류의 가열장비들이 소개되었으며, 국내에서는 실내 실험에서 가열장비에 따른 열효율 성능평가를 실시하여 가스버너, 열선, 적외선 중 적외선 장비가 가장 효율이 좋다는 연구결과가 보고되었다(Kim, 2015), 하지만 적외선장비는 현재 국내 장비의 시공비용, 규모, 설비 등의 현실적인 상황을 고려할 때 대형장비로서는 적용되어지기 힘든 실정이며, 국내의 현장가열재생공법 가열장비는 가스버너의 형태를 사용하고 있다. 이에 따라 국내에서는 가스장비를 기반으로 밀링에 의한 순환골재에 파손을 최소화하기 위해 2개의 프리히터를 사용하여 아스팔트 콘크리트 포장체에 열용량을 증대시켰으며, 가열판의 가스흐름을 변화시켜 열효율의 증대를 위해 반사판의 각도를 변경함으로써 열효율을 증대시키는 연구결과를 도출해내는 연구 등이 진행되어지고 있다(Cho, et al. 2013). 하지만 현재까지도 국내 KS 규격 순환골재 가열방식을 보면 “간접가열을 실시한다” 외에는 구체적인 가열기준에 관한 연구가 없는 실정이다. 본 연구에서는 현장가열재생공법의 효율적인 가열공정을 위하여 아스팔트 바인더의 온도조건에 따른 점착특성을 파악함으로써 바인더에 의한 골재의 파손을 최소화할 수 있는 밀링온도를 결정하기 위한 기초연구를 실시하고, 가열방법을 지속적인가열방법과 감온적인 가열방법으로 나누어 아스팔트 시편 내부 5cm의 목표온도 도달시간을 비교함으로써 보다 효율적인 가열방법을 위한 기초연구를 실시하고자 한다.

2. 문헌고찰 및 연구배경

2.1. 문헌 고찰

GR(Good Recycled Product)에서 정하고 있는 아스팔트 재활용 인증에서는 가열장비는 직접가열을 사용할 경우 아스팔트 포장체의 과열로 인하여 심각한 산화를 일으키므로 가열재생공법을 적용할 경우 간접적인 가열 방식을 취해야 한다고 정하고 있다(GR F 4005:2009).

Austrroads 2006에서는 현장가열재생공법은 주변환경의 영향을 매우 많이 받는 공법이며, 현장가열재생공법을 시행하기 위해서는 계절적으로 늦가을이나 겨울은 피해야 한다. 또한 노상의 함수량 상태여부도 반드시 확인해야 한다고 기술하였다.

김대훈 외 3인은 현장가열 재생공법에 적용될 수 있는 다양한 장비인 적외선, 가스버너, 열선 중 적외선 장비가 가장 표면온도와 내부온도를 상승시키는데 적합한 장비이며, 표면에 열원 제거 후 일정시간 동안은 내부온도가 지속적으로 상승한다는 것을 연구하여 발표하였다(Kim, et al. 2015).

조흥현 외 2인(2013)은 현장재생가열 시 열효율의 부족으로 인한 바인더의 부착강도 증가로 인하여 발생하는 골재파손을 최소화하기 위하여 현재 사용중인 반사판의 각도를 수정함으로써 열효율을 증대할 수 있다고 발표하였다.

Zhang, Deyu 외 5인은 열 해석 수치 프로그램을 이용하여 아스팔트바인더 시편에 간헐적 가열방식과 지속적인 가열방식에 대한 효율을 표면으로부터 일정 깊이 에 대해 온도스펙트럼을 측정함으로써 표면으로부터 깊이가 깊어짐에 따라 내부온도 상승률 효율의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

2.2. 연구배경

국토해양부에 따르면 2010년 6월 10일 부로 재생아스팔트를 15% 이상 사용하여 녹색정책에 이바지하는 것을 의무화하였으며, 경제성장에 따라 친환경적인 측면은 더욱 건설 산업에 있어 중요시 될 것이다(MLTM). 그러므로 현재 대부분의 도로가 가열아스팔트(HMA)로 시공되어 있는 국내에서는 재활용기술개발이 큰 이슈가 되고 있다. 또한 미국과 유럽과 같은 선진국에서는 이미 재활용기술들을 수출하여 도로건설유지보수 시장에서도 활발한 활동을 하고 있다. 국내에 도입된 다양한 재활용 기술 중 현장가열재생공법은 친환경적인 측면과 경제적인 이점에 대한 부분이 잘 고려되어 국내에도 도입되어 사용되고 있는 기술이다. 이미 국내에 현장가열재생공법이

시공되어 있는 지점에 대한 다양한 평가도 경제적인 측면과 시공적인 측면에서 매우 우수한 결과로 발표되었다 (Jeong, 2004). 또한 국내에서는 이전 현장가열재생공법의 문제점인 히터의 열용량부족에 따른 밀링공정 중 순환골재의 파손에 대한 문제점이 야기되어 현재 국내에서는 2개의 프리히터를 장착하여 열용량을 증대시킴으로써 이러한 문제점을 완화하는데 기여하였다. 하지만 장비의 노후화에 따른 다양한 문제점들이 발생되어지고 있으며, 이에 대하여 현장가열재생공법의 효율 및 신장비를 만들기 위해 국내에서 다양한 연구들이 진행되고 있다. 하지만 아직까지 구체적인 현장가열재생공법의 가이드라인이 제시되지 않고 있으며 가열공정 및 밀링공정에 관한 구체적인 규정과 가이드라인이 없는 실정이다. Fig. 1의 (a)는 국내에서 시공되는 현장가열재생공법의 전경을 나타내며, Fig. 1의 (b)는 아스팔트 콘크리트 포장체의 밀링공정 후 기준표층으로부터 5cm 하부의 표면 온도를 나타낸다.



(a) Entire Construction Procedure



(b) Measured Temperature After Milling

Fig. 1 HIR Field Construction in Korea

3. 실험방법

본 연구는 현장가열재생공법의 효율 증대를 위한

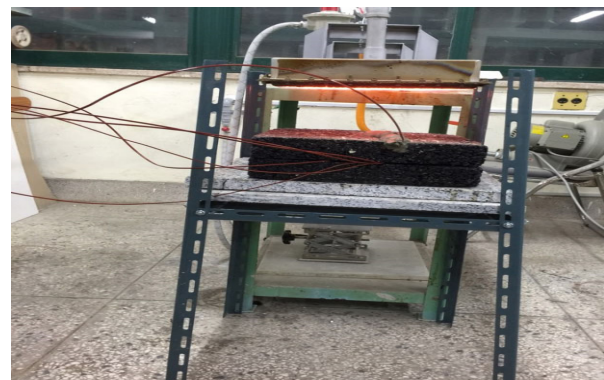
다양한 실내 실험을 수행하였으며 연구내용은 다음과 같다.

3.1. 현장가열실험결과와 실내가열실험결과 비교

본 연구는 실내에서 가스버너를 사용한 실내가열실험과 현장가열시험을 비교하기 위해 한국건설기술연구원의 도움을 받아 현장가열시험의 조건을 바탕으로 실내 실험을 실시하여 두 가지 실험결과를 비교함으로써 실내실험 데이터를 기반으로 한 현장 적용성에 관한 타당성을 알아보는 실험을 실시하였다.

실내실험은 Fig. 2의 (a)와 같이 수행하였으며, 300mm×300mm×100mm 크기의 아스팔트 슬래브를 제작하여 시편 표면으로부터 25mm의 간격으로 50mm까지 온도 센서를 장착하여 가열시간에 따른 깊이별 온도를 측정하였다.

현장가열실험은 건설기술연구원의 도움을 받아 Fig. 2의 (b)와 같이 수행되었으며, 온도센서는 표면으로부터 5mm 간격으로 촘촘하게 진행이 되었으나, 실내실험 값과 비교하기 위해 동일한 깊이에서의 결과 값을 수정하여 결과를 만들었다. 실험 조건은 현장실험과 실내실



(a) Laboratory Test



(b) Field Test

Fig. 2 Experimental Methods

Table 1. Specification of Equipments

	Field gas burner equipment	Indoor gas burner equipment
Specifications	Temperature control by gas regulation	Temperature control by air pressure and gas regulation
Size	1500×1000×250(mm)	310×180×150(mm)
Materials	Aluminum	Aluminum
Measured height	197(mm)	200(mm)
Ambient temperature	23℃	25℃
Gas pressure	0.75	0.65

험의 오차를 최소화하기 위해 주변 환경적인 요소 및 장비의 사양을 Table 1과 같이 최대한 동일하게 적용하였다. 가스압력의 제원 값은 실내실험장비의 특성상 최대 압력으로 선정하였으며 가스버너 장비는 현장에서 사용한 재질의 동일한 알루미늄재질로 제작된 가스버너장비로 실험을 수행하였다.

3.2. 에이징 온도에 따른 아스팔트바인더 접착력 특성 분석

본 연구는 아스팔트 바인더 에이징 온도에 따른 접착 특성을 알아보기 위하여 다음의 세 가지 시험 방법을 이용하였다. 본 실험의 목적은 바인더의 온도변화에 따른 부착특성을 이해함으로써 아스팔트 밀링 시 골재의 파손을 최소화할 수 있는 온도 범위를 알아보기 위함이다.

- a. AASHTO TP-91에 따른 바인더 접착특성 평가
- b. ASTM D 3910에 따른 아스팔트 접착력실험
- c. ASTM D 4541에 따른 pull-off 접착력 시험기를 이용한 아스팔트 시편 접착력실험

Fig. 3의 (a), (b), (c) 는 각각 아스팔트의 에이징 온도에 따른 접착특성을 알아보기 위하여 사용된 실험 장비를 나타내고 있다. Fig. 3(a)는 AASHTO TP-91의 시험방법에 따라 인장력에 의한 아스팔트 바인더의 접착특성을 평가하기 위하여 사용된 장비이다.

Fig. 3(b)는 ASTM D 3910에 아스팔트 접착력 실험에 사용하는 장비이며, 본 연구에서는 주어진 온도에 대하여 전단력(토크) 발생에 따른 아스팔트 바인더의 접착 특성을 알아보기 위한 실험을 실시하였다. Fig. 3(c)는 혼합물에서 온도별 아스팔트 혼합물의 부착특성을 알아

보기 위하여 ASTM D 4541에 따른 pull-off 접착력 시험기를 이용하였으며, 실험에 사용된 시험장비는 콘크리트 부착강도를 측정하는 장비지만 본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 온도에 따른 부착력을 평가하는데 사용하였다. 모든 시편에 대하여 실험에 사용할 샘플은 Fig. 3의 (d)에 나타나 있는 항온 항습기를 이용하여 각각 30℃~70℃까지 각각 10℃의 온도차를 주어 총 5가지 에이징 온도조건에 대하여 데이터를 수집하였으며, 각각의 샘플의 온도별 에이징 시간은 2시간으로 모든 샘플에 대하여 동일하게 적용하였다. Fig. 3(a)와 Fig. 3(b)의 시험 샘플은 AP-5, PAV-1, RPMA 70-22, RPMA 76-22, RPMA 82-22의 샘플을 대상으로 실험을 실시하였으며, PAV-1은 AP-5의 시료를 ASTM D 6521에 따라 장기노화장비(PAV 시험기)를 사용하여 1cycle을 수행한 샘플이다. PAV실험을 1cycle한 샘플의 침입도는 시험방법 KS M 2201에 따라 수행한 결과 21mm를 나타내었다. 또한 샘플에 사용된 RPMA는 현재 널리 사용되어지고 있는 고무 폴리머 개질아스팔트(Crumb-Rubber Polymer Modified Asphalt)를 등급에 따라 나누어 사용하였다. Fig. 3(c)는 300×300×50mm의 WC-3 휠 트랙킹 시험 시편에 대하여 실험을 수행하였다.

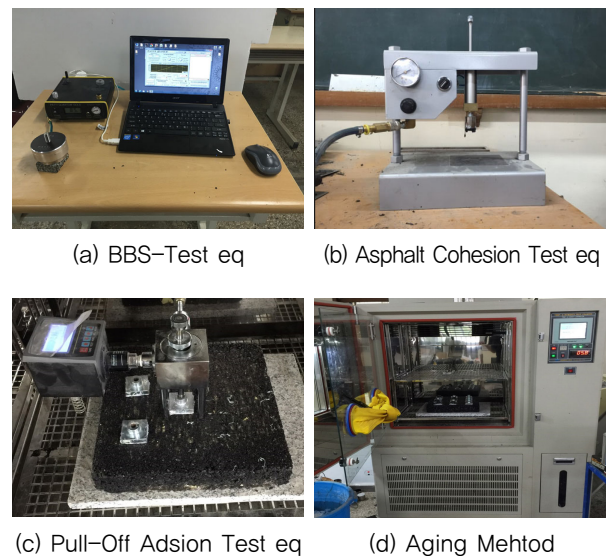


Fig. 3 Experimental Equipment

3.3. 가열 조건에 따른 아스팔트 콘크리트 내부 온도 측정 실험방법

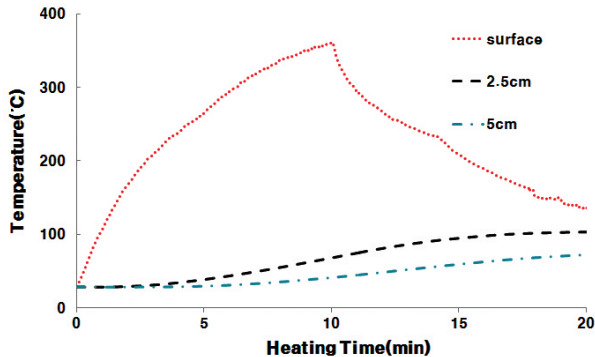
본 연구는 선행 연구에서 가열 중 열원을 제거한 후에도 일정시간동안 아스팔트 내부온도가 상승한다는 연구 결과(Kim, 2015)를 바탕으로 현재 국내의 현장가열재

생공법에서 사용하고 있는 방법인 선행 프리히터와 후행 프리히터에 가스버너의 출력량을 동일하게 유지하는 가열방식과 선행히터와 후행히터의 가스출력량에 변화를 준 감온적인 가열방식이 아스팔트 내부 온도스펙트럼에 미치는 영향을 알아보기 위한 실내실험을 실시하였다.

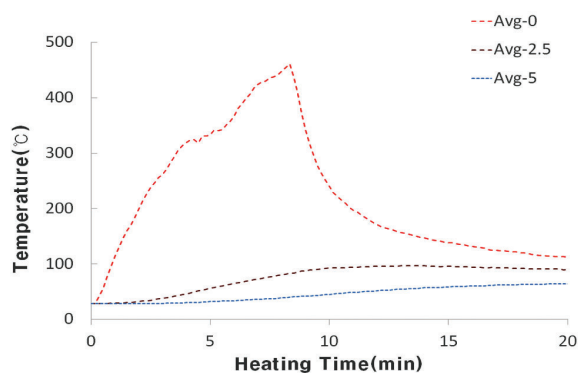
실험 세팅은 Fig. 2의 (a)와 같으며, 연속적인 가열방식(case 1)과 감온적인 가열 방식(case 2)으로 나누어 실험을 하였다. 연속적인 가열방식 case 1은 동일한 열량의 지속적인 가열을 25분동안 실시하였으며, 감온적인 가열방식 case 2는 case 1과 동일한 가스출력량으로 10분 동안 지속적인 가열을 한 후 가스의 출력량을 조절하여 아스팔트 콘크리트 시편의 상부가 약 200℃가 되도록 유지하여 실험을 실시하였다. 가스버너의 제원 값은 Table 1의 Indoor Gas burner Equipment에서 설명하고 있다.

4. 실험결과

4.1. 실내가열실험을 통한 현장가열실험 비교 실험 결과



(a) Laboratory Test Results



(b) Field Test Results

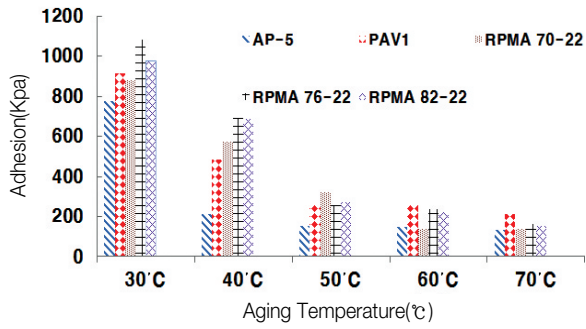
Fig. 4 Experimental Result

실험 결과는 Fig. 4에 나타나 있다. Fig. 4의 (a)는 실내실험의 가스버너 장비에 의한 아스팔트 표면으로부터 5cm까지 온도 스펙트럼을 나타내며, 측정은 현장실험과 동일하게 표층, 2.5cm, 5cm 총 3개의 포인트를 측정된 결과를 나타낸다. 또한 Fig. 4의 (b)는 현장가열 측정 결과를 나타낸다. 실험 결과 가스의 압력량 차이 등 실내와 실외의 다양한 원인으로 인하여 표층의 온도 스펙트럼의 양상에 약간의 차이는 있었으나 내부온도에 스펙트럼의 양상이 거의 동일한 것으로 나타났다. 실내 실험에서 내부온도 65℃까지 도달시간은 약 9min이었으며, 현장실험의 65℃도달시간은 10min이었다. 약 1min의 차이가 있었지만 각각 실험의 내부온도 스펙트럼의 양상은 거의 일치하는 것으로 나타났다. 이 실험 결과를 바탕으로 기본적인 가열 조건으로 동일하게 실내가열실험을 할 경우 시공현장의 내부 아스팔트콘크리트내의 온도스펙트럼의 가열에 의한 양상을 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

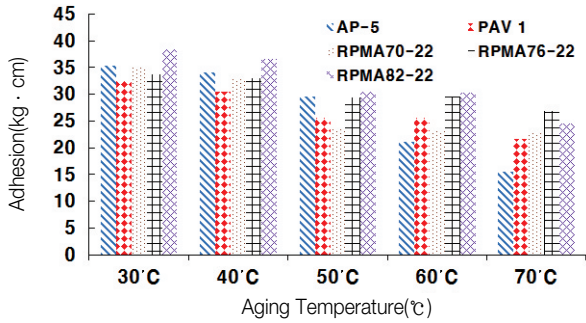
4.2. 에이징 온도에 따른 아스팔트바인더 접착력 특성 분석 실험결과

가열공정 시 아스팔트 콘크리트 하부 5cm에서의 바인더가 가열될 수 있는 영향의 온도조건 범위인 30℃~70℃에서의 아스팔트 바인더의 종류에 따른 접착특성을 알아봄으로써 골재를 둘러싸고 있는 아스팔트 바인더의 필름의 부착특성을 파악하는 실험을 실시하였다. Fig. 5는 에이징 온도에 따른 아스팔트 바인더 접착력 실험 결과이다.

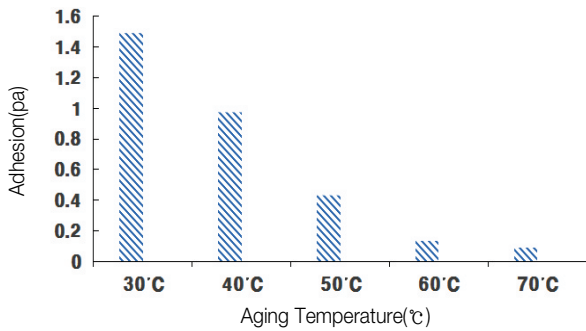
Fig. 5의 (a)와 (b)를 보면 각각의 동일한 샘플에 대하여 BBS 시험과 Pull-Off 접착력 시험을 비교해 보았을 때, 평균적으로 각각의 온도조건 범위에서 접착력강도의 감소율의 크기가 30℃~50℃까지는 약 30% 이상 감소하였으며, 60℃~70℃ 온도구간에서는 감소율이 약 10% 미만으로 작아지는 것이 확인되었다. 또한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 온도에 따른 접착특성을 알아보기 위해 Pull-Off Test를 실시한 결과 바인더의 결과 양상과 유사한 결과를 얻었다. Fig. 5(c)의 실험결과를 보면 30℃~50℃에서의 접착력 감소율은 약 30% 이상 변화 정도가 측정되었으나, 60℃~70℃에서의 접착력 감소율의 정도는 15% 미만의 감소율을 나타내고 있다. 이 결과로부터 약 60℃~70℃ 온도조건 범위에서는 골재를 둘러싸고 있는 아스팔트 바인더 필름간의 결합력에 크기는 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.



(a) BBS-Test Result



(b) Asphalt Cohesion Test Result



(c) Pull-Off Adhesion Test Result

Fig. 5 Experimental Result

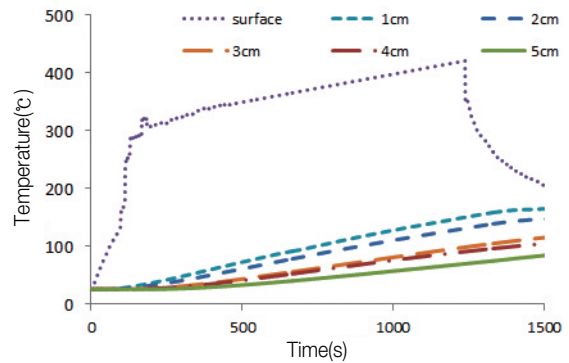
4.3. 가열온도 조건에 따른 아스팔트 콘크리트 내부 온도 측정 결과

연속식과 감온식 히팅 방식에 따른 아스팔트혼합물 내부의 온도거동을 측정된 결과는 Fig. 6와 같다.

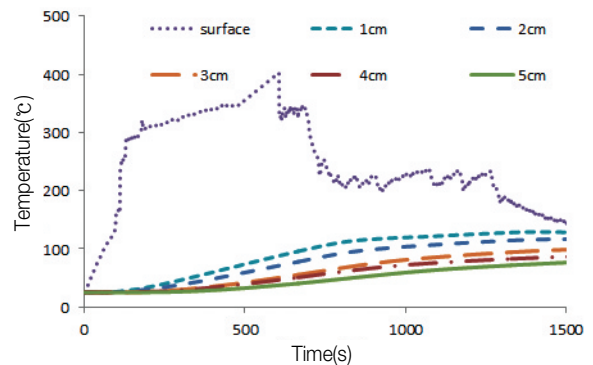
Fig. 6(a)의 case 1은 가스버너를 연속적으로 가동하는 연속식 가열방식을 나타내고 있으며, 이는 일반적인 현장가열재생공법의 가열방식과 동일하다.

연속식 가열방식은 가스출력량의 조절없이 지속적으로 25분 동안 측정된 경우의 아스팔트 바인더 시편의 온도스펙트럼을 나타낸다. Fig. 6(b)의 case 2는 감온식 가열방식을 이용한 실험결과를 나타내고 있으며, Fig. 6의 (a)와 동일한 조건의 실험방법을 유지한 상태

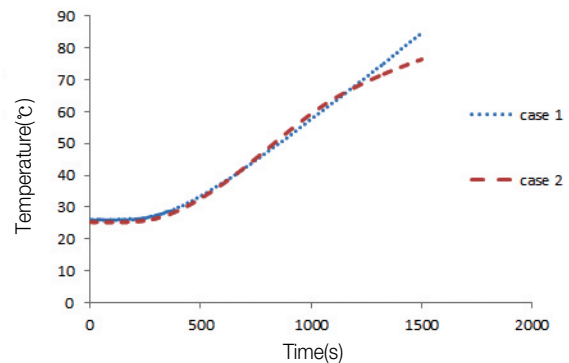
에서 가열 후 약 10분 뒤 가스출력량을 절반 이상 줄여 아스팔트 표면 온도를 약 200°C 유지한 상태에서 측정된 아스팔트의 온도스펙트럼을 나타낸다. 두 가지 경우에 대한 실험을 비교하였을 때 아스팔트시편에 표면 온도의 양상이 확연히 다르게 측정이 되었으나, 내부온도 스펙트럼의 양상의 차이가 표층온도변화에 비하여 큰 차이가 없는 것을 확인하였다. 두 가지 가열조건에 대한 실험결과를 정확하게 비교하기 위해 Fig. 6(c)와 같이 나타내었다. Fig. 6의 (c)는 두 가지 case에 대하여 아스팔트시편으로부터 5cm의 온도 스펙트럼을 나타낸다. 실험 결과를 보면 연속적인 가열방식과 감온적 가열방



(a) Case 1



(b) Case 2



(c) Behavior at Inner Specimen at the 5cm

Fig. 6 Heating Experimental Result

식의 내부온도 전달률이 아스팔트 시편 내부 5cm에서 거의 같다는 것을 알 수 있다. 두 가지 가열 조건에 대하여 아스팔트 시편 내부온도 70℃의 도달시간은 각각 23분, 23분30초가 측정되었다. 또한 실험측정과 동시에 가스계량기를 통하여 가스소비량을 측정해 본 결과 동일한 시간대를 측정한 가스소비량은 Fig. 6(a)의 경우 분당 8dm/min의 가스가 소비되었고, Fig. 6(b)는 4.5dm/min의 가스소비량이 측정되었다. 이 결과로부터 감온적 가열방법을 사용할 경우 아스팔트 시편의 내부 열용량을 연속적인 가열방식과 동일하게 유지할 수 있을 뿐만 아니라, 가열 중 소모되는 가스소비량을 50% 이상 줄일 수 있고, 친환경적인 측면에서도 매우 큰 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 시공 중 발생하는 고온가열에 의한 아스팔트바인더의 표층의 단기 노화를 최소화함으로써 공용년수를 증가할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 현장가열재생공법의 효율증대를 위한 기초 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 두 가지 조건에서 실시한 실내실험과 현장실험을 통하여 아스팔트 콘크리트 혼합물의 내부온도 스펙트럼을 분석한 결과, 아스팔트 내부의 온도스펙트럼의 경향이 거의 일치하였다. 이는 장비의 제원 및 주변 환경 조건을 유지할 경우 실내실험을 바탕으로 현장에서의 아스팔트 내부의 온도분포를 추정할 수 있을 것으로 사료된다.
2. 현장가열재생공법의 밀링공정 중 아스팔트바인더의 접착력에 의한 골재의 파손가능성을 최소화하기 위한 아스팔트바인더 적정 에이징 온도를 알아보기 위해 다양한 접착력실험을 수행하였다. 본 연구의 실험결과에서는 일정온도 이상 아스팔트 바인더의 온도가 상승할 경우 접착력크기의 변화가 매우 감소하는 것으로 나타났다. 아스팔트 바인더의 종류에 따라 약간의 차이가 있었으나, 일반적으로 60℃~70℃ 사이의 범위에서 접착력의 크기 변화 정도가 감소하는 경향으로 보아 현장가열재생공법시공의 현실성을 고려할 때 아스팔트 바인더의 접착력에 의해 순환골재의 파손을 최소화할 수 있는 적정온도로 판단된다. 또한 현장가열재생공법에 가열장비의 설계 시 목표 열용량을 결정할 수 있는 가이드라인이 될 것으로 판단된다.

3. 본 연구 결과에 따라 선행히터의 열량과 후행히터의 열량을 동일하게 사용하는 방법(연속적인 가열)에 비하여 후행히터의 가스출력량을 조절(감온적인 가열)하여 일정 온도 이상(아스팔트 표층온도 약 200℃)을 아스팔트 포장체의 표층에 유지시킬 수 있을 정도의 온도를 가할 경우 기존 연속적인 가열방식과 동일한 아스팔트 포장체의 내부열용량을 유지함과 동시에 경제적인 시공을 할 수 있을 것으로 판단된다. 감온적인 가열방식을 사용할 경우 연속적인 가열방식에 비해 가스소비량을 약 50% 이상 절감할 수 있을 것으로 예측되며, 뿐만 아니라 시공 중 발생하는 노후된 아스팔트 콘크리트의 고온가열에 의한 단기노화를 최소화함으로써 시공에 의한 공용수명 또한 증진시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Austrroads 2006, Asphalt Recycling, Austrroads, Sydney, A4, 31pp, AP-T66/06.
- Cho, H., Kang, B., and Cheong, C. (2013) Enhancement of Recycle Heating System of Hot in Placement Equipment, Magazine of Korean Society of Road Engineers, Vol. 14, No. 4.
- (조호현, 강 변, 정찬우, 현장 가열 표층재생 아스팔트 포장공법의 재활용 가열장비 성능향상 및 개선방안, 도로학회 제 15권4호)
- GR(Good Recycled Product), 2009, Standard specification of Recycled hot asphalt paving mixtures, GR F 4005, 2009.
- (GR품질인증기준, 재활용 가열 아스팔트 혼합물, GR F 4005 : 2009)
- Jeong. (2004), Evaluation of Application of in-Situ Recycled Asphalt Mixtures, Incheon National University.
- (정은광, 현장가열 재생아스팔트 혼합물의 활용성 평가, 인천대학교 대학원, 토목환경시스템공학과 2004)
- Korean Geo-Environmental Society, Geoenvironmental Engineering 4, 2003, 12 p. 79-80.
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice) 2010-397, Promote recycling of construction waste laws, Corporation in Korea Asphalt Concrete Recycling Association, www.krascon.co.kr.
- (국토해양부고시 제 2010-397호, 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률, 사단법인 한국재생아스콘 협회, www.krascon.co.kr)
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs Notice)

2010-397, Promote recycling of construction waste laws, Corporation in Korea Asphalt Concrete Recycling Association, www.krascon.co.kr.

MOLIT(Ministry of Land, Infrastructure and Transport), 2015, 2015 Road Manual(국토교통부, 2015 도로 업무편람).

Zhang, Deyu., Ma, Tao., Huang, Xiaoming., Chen, Chen., Gu, Fan., Jin, Jing., (2011), HEATING TEMPERATURE CONTROL FOR HOT IN-PLACE RECYCLING OF SMA ASPHALT PAVEMENT, TRB 2011 Annual Meeting.