

HWAW방법을 사용한 아스팔트 포장층의 온도에 따른 물성치 변화 결정 Evaluation of Material Property of Asphalt Pavement with Temperature using HWAW method

박형춘¹⁾, Hyung-Choon Park, 이미예²⁾, Mie-Yea Lee

¹⁾ 충남대학교 토목공학과 조교수, Assistant Professor, Dept. of Civil Eng., Chungnam Nat. Univ.

²⁾ 충남대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Eng., Chungnam Nat. Univ.

SYNOPSIS : Temperature variation affect the response of asphalt pavement and should be considered in the evaluation of performance of the pavement. In this paper, HWAW method is applied to evaluate shear wave velocity(or shear modulus) of the asphalt pavement with temperature. HWAW method which is based on time-frequency analysis using harmonic wavelet transform have been developed to determine phase and group velocities of waves. This method minimize effect of noise and is not affected by mode jump effect which cause erroneous result when surface wave method is applied to pavement evaluation. In order to estimate the applicability of HWAW method, field tests were performed in 1 site and preliminary correlation between shear wave velocity(shear modulus) and asphalt pavement average temperature.

Key words : HWAW method, Harmonic wavelet transform, Asphalt, Temperature

1. 서론

아스팔트는 온도에 따라 물성치가 변화하는 재료로서, 온도에 따른 아스팔트 물성치 변화는 아스팔트의 거동에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 이러한 온도에 따른 아스팔트 물성치 변화를 평가하기 위하여 본 논문에서는 HWAW방법을 온도에 따른 아스팔트 물성 평가에 적용하였다. HWAW방법(Park and Kim, 2001; 박형춘과 김동수, 2004(a), 2004(b))은 하모닉 웨이브릿 변환(Newland, 1998)을 이용한 시간-주파수 해석을 사용하여 파의 위상·그룹속도를 결정하는 방법이다. HWAW방법을 이용한 탄성파 시험은 시간 영역신호를 하모닉 웨이브릿 변환을 통해 시간-주파수 영역으로 변환하여, 각 주파수 성분의 시간에 따른 위상·에너지 크기를 결정한 후, 각 주파수성분이 최대 에너지를 가지는 시간영역, 즉 국부 신호/잡음비가 최대가 되는 최대 에너지 선의 위상·에너지 정보만을 사용하여 파의 위상·그룹속도를 결정한다. 따라서 기존 방법에서 사용하기 어려운 잡음에 의해 손상되어 낮은 평균 신호/잡음비를 가지는 계측 데이터로부터 신뢰성 있는 결과를 얻을 수 있다. 또한 아스팔트 포장체와 같이 깊이에 따라 강성의 역전이 일어나는 구조에 표면파 시험 적용시 잘못된 결과를 유발하는 모드 점프 현상에 영향을 받지 않는다. 따라서 다양한 교통하중에 의한 현장 배경 잡음이 존재하는 도로현장의 포장평가에 효과적으로 적용할 수 있다. 본 논문에서는 제안된 방법의 적용성을 알아보기 위하여 한 곳의 도로 현장을 선택하여 HWAW실험을 수행하였으며, 예비적인 포장체의 진단과 속도(진단 탄성계수)와 평균온도 사이의 상관관계식을 결정할 수 있었다. 이를 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인할 수 있었다.

2. HAWW방법을 이용한 아스팔트 포장층의 온도에 따른 물성변화 결정

2.1 실험 현장

실험은 중앙고속도로상의 00위치에서 6월 18일 수행되었다. 시험 단면에는 지표면 1cm에서 27cm 까지 2.5cm 간격으로 온도계가 설치되어 있어 깊이별 시간에 따른 온도변화 데이터를 사용할 수 있다. 그림 1은 시험단면의 깊이별 온도분포를 1시간 간격으로 나타낸 그림으로 실제계측은 10분간격으로 수행되었다.

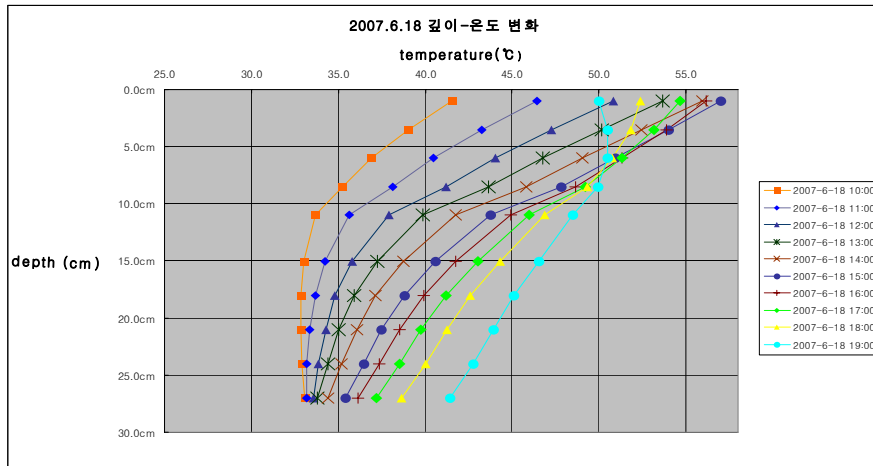


그림 1. 시험단면의 6월 18일 시간에 따른 깊이별 온도분포

실험단면은 그림 2에 나타내져 있으며, 이 그림으로부터 표층과 중간층으로 구성된 아스팔트층의 두께가 12cm 라는 것을 알 수 있다. 본 논문에서는 두께 12cm의 표층 아스팔트의 온도에 따른 물성치 변화를 HAWW방법을 사용하여 측정 하였다.

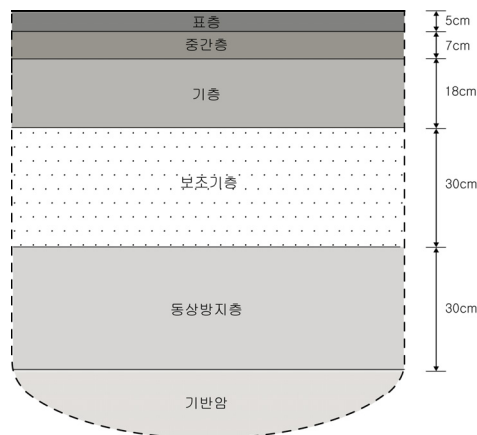


그림 2. 단면도

2.2 현장 실험 및 장비

현장 실험은 11시20분부터 19시 00분까지 수행되었다. 시험은 기본 30분간격을 기준으로 변동적으

로 수행되었다. 앞에서 언급한 바와 같이 HAWW 현장 시험은 2개의 감지기와 하나의 가진원 그리고 데이터 획득을 위한 DAQ 시스템으로 구성된다. 본 실험에서 사용된 가진원은 강철구를 사용하였다. 일반적으로 강철구의 직경이 감소할수록, 강철구에 의해 타격이 이루어지는 표면의 강도가 증가할수록 발생하는 신호의 주파수 대역이 증가한다. 감지기로는 PCB 353B15 가속도계를 사용하였다. 이 가속도계는 아스팔트 건전성 평가를 위해 실험이 수행되는 전체 주파수 대역에서 균일한 형태의 주파수 응답곡선 형태를 보이지는 않으나, 분산곡선을 결정하는 것은 두 감지기의 절대적인 값이 아니라 두 감지기 사이의 상대적인 정보를 사용하는 것이기 때문에 비슷한 주파수 응답특성을 가지는 동일한 2개의 가속도계를 사용하여 허용 주파수 대역보다 높은 주파수 대역에서 실험을 수행하여도 큰 문제가 발생하지는 않는다. 데이터 획득 시스템으로는 NI의 DAQ시스템을 사용하였다. 현장실험을 위한 DAQ시스템의 제어 및 데이터 해석은 본 연구자에 의해 개발된 GUI 프로그램인 HAWW DAQ Analyzer에 의해 수행되었다. 2개의 감지기와 하나의 가진원으로 구성되는 HAWW 시험의 구성은 가진원과 감지기 사이의 상대적 위치(가진원으로부터 감지기 1의 거리와 감지기 2의 거리)에 따라 결정된다. 기본적으로 HAWW시험은 감지기 위치의 제한이 없다. 단 분산곡선을 비교할때는 동일한 실험구성을 사용하여 결정된 분산곡선들을 비교하여야 하며, 역산시에도 감지기의 위치를 고려해줘야 한다. 일반적으로 지반에 HAWW방법을 적용할 때는 1~3m 감지기 간격을 사용하나, 포장체와 같은 강한 비정상 전단파 속도 주상도(strong irregular profile)에서는 감지기의 간격을 10cm 이하로 사용한다(박형준과 김동수, 2004(b)). 본 실험에서 가진원 1은 가진원으로부터 10cm에 위치시켰으며, 감지기 2는 19cm에 위치시킨 후 실험을 수행하였다.

2.3 아스팔트 포장체에 대한 HAWW시험 결과

현장실험은 11시20분부터 19시 00분까지 수행되었으나, 데이터 분석에는 11시 20분부터 14시 00분 사이에 수행된 실험결과들을 사용하였다. 그림 3은 표층과 중간층으로 구성된 아스팔트 층의 두께(12cm) 이하에 매설된 온도계에서 계측된 온도의 평균값들을 시간에 따라 나타낸 그림으로, 11시 20분부터 14시 00분사이의 시간대에서 시간에 따른 평균 온도의 변화가 40도에서 46도로 가장 급격하게 일어남을 볼 수 있다. 따라서 온도변화에 따른 아스팔트층의 물성 변화를 평가하기 위하여 이 시간대의 실험결과들을 사용하였다.

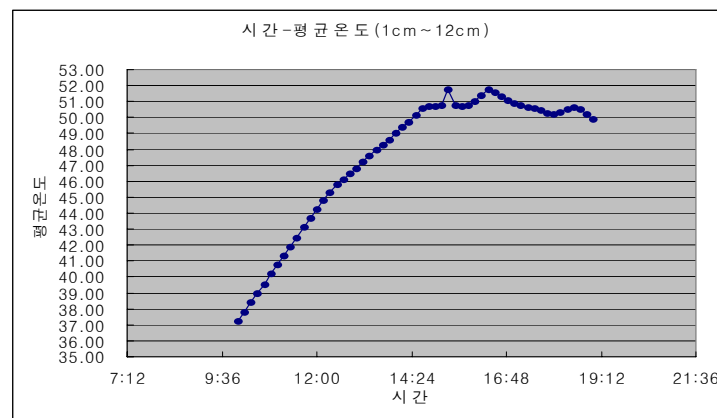
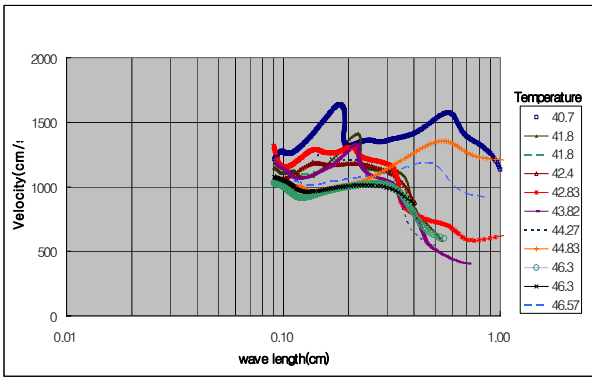
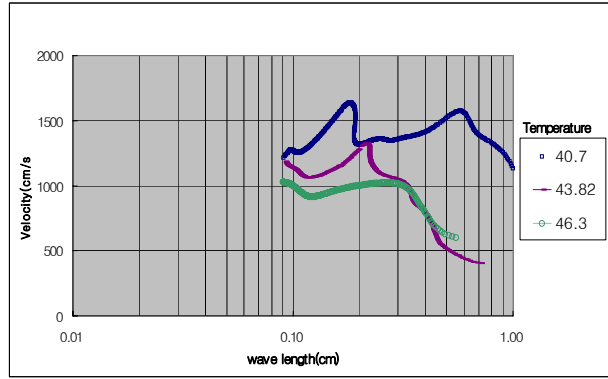


그림 3. 시간에 따른 아스팔트층(12cm 이하깊이)의 평균 온도 변화

그림 4(a)는 시간대별(또는 온도별) 분산곡선을 모두 나타낸 그림이다. 그림을 보면 온도가 증가함에 따라 분산곡선의 속도가 감소함을 볼 수 있다. 이러한 경향을 좀더 확실하게 보기 위하여 온도차이가 큰 분산곡선 3개를 선택하여 그림 4(b)에 나타내었다. 이 그림으로부터 온도변화에 따른 분산곡선의 속도변화를 명확히 볼 수 있다.



(a) 온도에 따른 분산곡선의 변화(전체)



(b) 온도에 따른 분산곡선의 변화(40.7, 43.82, 46.3℃)

그림 4. 온도변화에 따른 분산곡선의 속도변화

온도와 파의 속도 사이의 상관관계식을 결정하기 위하여 각 온도별 아스팔트층을 대표하는 파속을 결정하였다. 표면과 각 파장 성분의 에너지는 한파장 깊이안에 거의 모든 에너지가 존재하며, 한파장 깊이 안에서도 표층쪽에 에너지가 집중된다. 따라서 표면파의 전파속도는 한파장 깊이안의 물성치에 영향을 받으며, 아스팔트층의 파속을 결정하기 위해서는 아스팔트층의 두께(12cm)보다 작은 파장성분들의 속도값을 평균하는 것이 좋다. 그러나 본 실험에서 비교를 위해 사용된 분산곡선들의 최소 파장은 9cm로서 이러한 전체 평균값을 사용할 수 없다. 따라서 본 실험에서는 9~12cm 사이의 파장성분들의 평균 속도 값을 사용하였다. 이러한 파장 성분들도 주된 에너지가 표층에 주로 집중되어 있으며, 이러한 파장 성분들의 속도도 아스팔트 층의 물성치를 충분히 반영하고 있다. 이러한 전단파 속도로부터 전단탄성계수 값을 계산할 수 있다. 그림 5는 온도에 따른 아스팔트층 평균 속도를 표시하고 선형회귀분석을 통하여 얻어진 관계직선을 나타낸 그림이다. 선형회귀직선을 보면 아스팔트층의 파속이 온도가 증가함에 따라 감소함을 볼 수 있다. 이러한 식은 하나의 예로서 실제 국내 아스팔트의 온도에 따른 속도 감소식을 결정하기 위해서는 더 많은 실험 데이터가 필요하다.

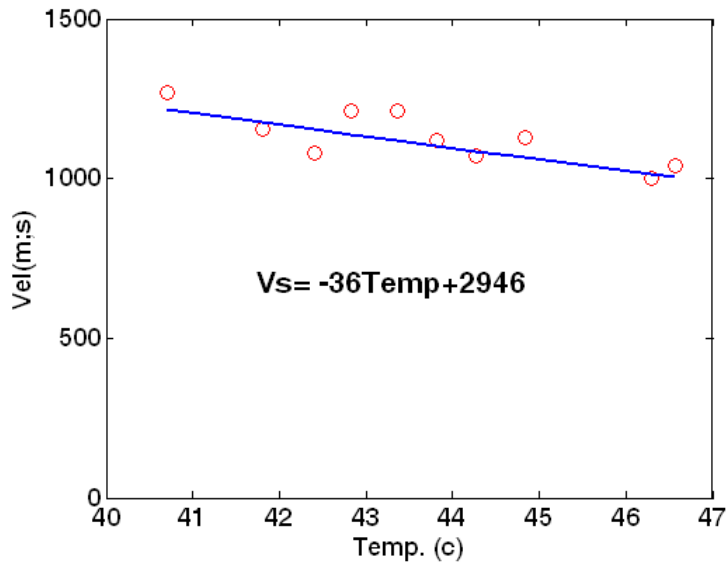


그림 5. 아스팔트층을 따라 전파하는 전단파속도와 온도와의 상관관계

4. 결 론

본 논문에서는 아스팔트의 거동에 영향을 미치는 중요한 요소인 온도에 따fms 아스팔트 물성치 변화를 측정하기 위하여 HWAW방법을 사용하였다. HWAW방법은 현장에 항상 존재하며 신호를 손상시키는 잡음에 의한 영향을 최소화 할 수 있으며 또한 아스팔트 포장체에 표면과 시험 적용 시 잘못된 결과를 유발하는 모드 점프 현상에 영향을 받지 않는다. 따라서 다양한 교통하중에 의한 현장 배경 잡음이 존재하는 도로현장에서 포장 평가에 효과적으로 적용할 수 있는 방법이다. 본 논문에서는 제안된 방법의 적용성을 알아보기 위하여 한 곳의 도로 현장을 선택하여 HWAW실험을 수행하였으며, 이를 통해 예비적인 포장체의 전단파 속도(전단 탄성계수)와 평균온도 사이의 상관관계식을 결정할 수 있었다. 이를 통하여 제안된 방법의 타당성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 박형춘, 김동수 (2004a),” HWAW (Harmonic Wavelet Analysis of Wave)방법을 이용한 새로운 탄성파 지반조사기법의 개발(I) : 분산곡선의 결정”, 대한토목학회 논문집, Vol.24, No.2C.
2. 박형춘, 김동수 (2004b),” HWAW (Harmonic Wavelet Analysis of Wave)방법을 이용한 새로운 탄성파 지반조사기법의 개발(II) : 실험구성 및 역산과정”, 대한토목학회논문집, Vol.24, No.2C.
3. Newland DE, (1998), “Time-frequency and time-scale signal analysis by harmonic wavelet”, Signal analysis and prediction, chap.1, Birkhauser, 502p.
4. Park, HC., Kim, DS., (2001), “Evaluation of the dispersive phase and group velocities using harmonic wavelet transform”, *NDT&E Int*, **34**, 457-467.