

# AASHTO 2002 Design Guide에서 제시하는 아스팔트 동탄성계수



문 성 호 | 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원

## 1. 개요

AASHTO 2002 설계가이드에서는 역학적·경험적인 모형에 근거하고 있고 이에 재료특성을 고려함과 동시에 재료, 기후, 구조적인 반응(응력·변형률) 및 공용예측인자들간에 상호 연계성이 필요함에 따라서 포장해석모형에 필요한 다음 세 가지 입력변수가 요구된다.

- 포장거동을 구하기 위한 물성치 및 구조변수(동탄성계수, 포아송비, 포장두께, 경계조건)
- 피로균열, 소성변형, 전이함수에 대한 재료의 입력변수
- 환경모사를 위한 재료의 입력변수

본 역학적·경험적인 포장해석을 위해서는 아스팔트 포장에 있어 중요하게 고려되어야 할 점은 시간-온도에 따른 민감한 동탄성계수가 요구됨을 보여주고 있다. 즉 고온 및 저속의 경우는 탄성계수의 강성이 약하고, 저온 및 고속의 경우에는 탄성계수의 강성이 큰 거동을 보여 주고 있다.

## 2. 설계 레벨에 따른 동탄성계수( $E^*$ ) 결정

일반적으로 동탄성계수( $E^*$ )를 결정하기 위해서는

실내실험을 통하여 온도 및 재하하중의 주기를 함께 변화시켜 아스팔트 혼합물의  $E^*$ 를 구하게 된다.

이를 이용한 아스팔트 구조해석에서는 포장체 깊이별 온도·하중펄스를 입력변수로 고려하여 취약구간의 응력·변형률을 구하게 된다. 여기서의 하중펄스는 표면으로부터 깊어짐에 따라서 펄스의 시간은 길어진다. 결국 아스팔트의 역학적·경험적인 설계를 위해서는 동탄성계수가 중요한 역할을 함으로써 2002 설계가이드에서는 시간·온도 영향이 고려된 아스팔트 동탄성계수의 매스터 커브(Master Curve)를 해석모형에 구축하여 활용되는 것을 볼 수 있고, 아스팔트포장 설계시 다음의 표 1에서 보는 바와 같이 그 포장의 중요도에 따라 3개의 레벨로 분류하여 물성을 구한다.

## 3. 동탄성계수( $E^*$ ) 모형

아스팔트의 동탄성계수에 있어 레벨 1은 실험모형을 이용한다. 이를 위해서는 동탄성계수의 매스터 커브와 이동계수(Shift Factor) 두 가지가 결정되어야 한다. 이들 관계를 쉽게 이해하기 위해서는 일반적으로 실험에서 구해지는 주파수와 탄성계수간의 관계를 이해하면 된다. 그림 1의 왼쪽에서 보는 바와 같이 동탄성계수 실험은 각기 다른 주파수와 온도에서 주파수에 따른 탄성계수를 얻어낸다. 이에 대표가 되

표 1. 각 레벨에 따른 아스팔트 동탄성계수 ( $E^*$ )의 결정

물성체	입력 레벨	요구되는 실험 및 결정방법
아스팔트	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM D 3496에 근거 동탄성(<math>E'</math>) 실내실험</li> <li>• 동적전단유변기(Dynamic Shear Rheometer)를 이용 동전단계수 - 위상차 (<math>G' - \delta</math>)를 결정(AASHTO MP1)</li> <li>• 아스팔트 바인더 실험을 통해 온도에 따른 점성</li> <li>• 아스팔트의 노화(Aging)를 고려한 혼합물의 동탄성계수의 Master Curve</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E'</math>의 실내실험은 요구되지 않으며 <math>E'</math>의 예측모델을 이용</li> <li>• 동적전단유변기(Dynamic Shear Rheometer)를 이용 동전단계수 - 위상차 (<math>G' - \delta</math>)를 결정(AASHTO MP1)</li> <li>• 아스팔트 바인더 실험을 통해 온도에 따른 점성</li> <li>• 아스팔트의 노화(Aging)를 고려한 혼합물의 동탄성계수의 Master Curve</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>E'</math>의 실내실험은 요구되지 않으며 <math>E'</math>의 예측모델을 이용</li> <li>• PG(공용등급)에 따른 회귀분석식을 이용 동전단계수-위상차 (<math>G' - \delta</math>)를 결정</li> <li>• 아스팔트의 노화(Aging)를 고려한 혼합물의 동탄성계수의 Master Curve</li> </ul>

는 온도를 결정한 후 각 Curve를 이동하여 하나의 매스터 커브를 구하게 된다. 그림 1의 오른쪽은 25℃의 매스터 커브를 보여주고 있다.

본 매스터 커브는 그림 2의 이동계수를 이용하게 되면 어느 온도에서도 매스터 커브를 구할 수 있다.

즉 X 좌표의 주파수에 해당 이동계수를 곱해주면 전체 커브가 이동되어 해당 온도의 동탄성계수의 매스터 커브를 결정할 수 있는 것이다.

이런 역학적인 실험에 근거해서 2002 가이드는 시간·온도 중첩을 이용하여 동탄성계수의 예측모형을

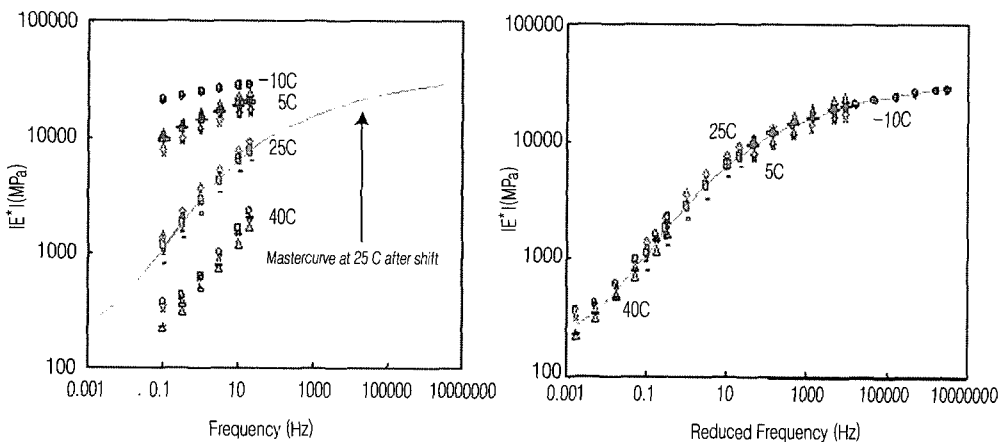


그림 1. 대표온도 25℃의 동탄성계수의 매스터 커브

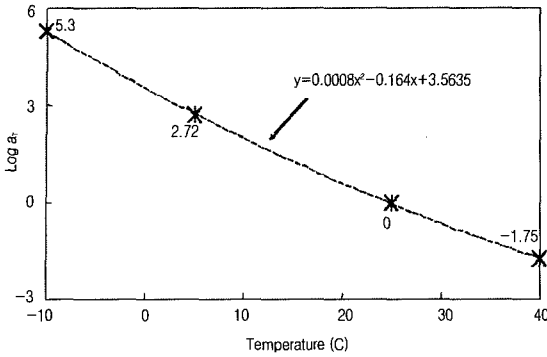


그림 2. 온도에 따른 이동계수

$t$  : 주어진 온도의 하중시간

$a_r$  : 이동계수

다음으로 레벨 2와 3은 방대한 실내실험 데이터 베이스를 이용하여 회귀분석한 식을 제시하고 있다. 동탄성계수를 예측하기 위한 식에서 요구되는 입력 값들은 바인더의 점성, 하중주파수, 공기량, 바인더의 함량, 체분석의 3/4 및 3/8 inch를 통과한 누적 백분율, No. 4번째 체의 누적백분율, No. 200번째 체의 통과 백분율을 요구하고 있다.

아래와 같이 S자형(Log-sigmoidal)의 함수로 표현 하였다.

$$\log(E^*) = \delta + \frac{\alpha}{1 + \exp(\beta + \gamma (\log t_r))} \quad \text{그리고} \quad t_r = \frac{t}{a_r} \quad (\text{식 1})$$

여기서  $E^*$  : 동탄성계수

$t_r$  : 대표온도의 재하시간

$\delta$  :  $E^*$ 의 최소값  $\alpha$

$\delta + \alpha$  :  $E^*$ 의 최대값

$\beta, \gamma$  : 비선형 최적화 프로그램을 이용 해서 구해진 상수값

#### 4. 맺음말

AASHTO 2002 설계가이드에서 이용되는 아스팔트 동탄성계수를 살펴보았다. 여기에서는 포장체의 중요도에 따라서 각 레벨을 정하였고 고속도로에 해당되는 레벨 1의 설계에서는 동탄성계수를 구하기 위한 실내실험을 요구하고 있고, 국도 및 일반도로의 경우에는 레벨 2와 3으로 분류하여 회귀 예측식을 이용하여 결정하도록 되어있다.

회원의 신상변동사항(이사, 전근, 승급 등)이 있으면  
학회 사무국으로 연락주시기 바랍니다.  
현재 반송되는 우편물이 너무 많습니다.

- 전 화 : (02)558-7147
- 전 송 : (02)558-7149
- E-mail : kospe@hanmail.net