

간접인장시험을 이용한 아스팔트 혼합물의 피로 해석

Analysis of Fatigue Behavior of Asphalt Mixtures Using Indirect Tensile Tests

박형순* · 강민균** · 이현종***

Park, Hyung Soon · Kang, Min Gyun · Lee, Hyun Jong

1. 서론

아스팔트 혼합물의 피로모형은 역학적-경험적 포장설계에서 포장의 수명을 결정하는 주요한 요소이다. 아스팔트 혼합물의 피로모형과 관련된 연구는 1960년대 이후 지속적으로 많은 연구자에 의해 진행되어오고 있다. 1980년대까지만 해도 대부분의 피로모형은 많은 시험데이터를 회귀분석한 경험적 피로모형이 주를 이루었으나 1990년대 이후 역학적 이론에 바탕을 둔 다양한 피로모형이 제시되고 있다.

기존의 역학적-경험적 포장설계법에 채택된 대부분의 피로모형은 경험적 피로모형으로서 최근 개발이 완료된 AASHTO 2002 설계법에서도 Shell에서 개발한 경험적 피로모형을 채택하고 있다. 기존에 개발된 피로모형의 가장 큰 한계는 다양한 축하중에 의한 손상을 종합적으로 고려하기가 불가능하고 아스팔트 혼합물의 노화를 고려할 수 있는데 한계를 지니고 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위하여 역학적 이론에 기초한 피로모형의 개발에 더욱 많은 연구가 진행될 것으로 예상된다. 이는 역학적 접근법은 경험적 접근법보다 복잡하지만 보다 다양한 하중 및 환경조건에 적용 가능한 장점이 있기 때문이다.

본 연구는 2000년부터 진행되고 있는 한국형 포장설계법 개발의 세부과제로서 수행되고 있는 아스팔트 포장 파손모형개발의 연구 중 일부내용으로서 포장설계법에 적용될 아스팔트 혼합물의 피로모형개발을 위해 수행된 피로시험 데이터를 분석하여 소개한 것이다.

2. 간접인장 피로시험

2.1 기본적 피로시험을 위한 변수선정 및 시험설계

피로공용성에 주요한 영향을 미치는 아스팔트 혼합물 구성요소들을 다양한 하중 및 환경조건하에서 실내 피로시험을 실시하고, 이러한 결과들을 DB(Data Base)로 구축하여 피로손상 예측모형 개발의 기본 자료로 활용하고자 한다. 그 첫 단계로 표 1과 같이 시험변수들을 선정하고 시료준비계획을 수립하였다.

표 1. 실내피로시험을 위해 고려된 시험변수

변수종류	종 류	변수 개수
아스팔트 바인더 등급	PG58-22, 64-22, 72-22	3
아스팔트 함량 (%)	과소함량, 최적함량, 과다함량	3
골재의 입도	밀입도 (13, 19, 25mm)	3
공극률 (%)	Normal, High	2
하중재하크기	High, Medium, Low	3

* 세종대학교 토목환경공학과 석사과정 · 02-2205-3812(E-mail:hspark0759@hotmail.com)

** 세종대학교 토목환경공학과 석사과정 · 02-2205-3812(E-mail:gyunida@hanmail.net)

*** 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 조교수 · 공학박사 · 02-3408-3812(E-mail:hlee@sejong.ac.kr)

시험결과의 신뢰성을 높이기 위한 1회 반복시험을 고려한 실제 시료의 수는 156개가 되며 해당 시료들은 20℃의 온도에서 시험을 수행한다.

2.2 배합설계 및 시편제작

본 연구에서는 국내에서 가장 많이 이용되는 화강암 종류의 골재를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 아스팔트 혼합물은 시편제작의 동질성을 확보하기 위하여 모두 경성대에서 제작하였다. 아스팔트 혼합물의 배합 설계는 수퍼페이브 Level 1 방식에 의해 수행되었다.

간접인장 피로시험용 시편은 직경 150mm, 높이 170mm의 원통형 시편을 선회다짐기를 사용하여 제작한 다음 그림 1에서 보는바와 같이 직경 100mm의 시편을 코어채취기로 채취하여 시편 상부 및 하부에서 각각 높이 50mm의 시편을 절단하여 사용하였다.

시편 상부에서 채취한 시편과 하부에서 채취한 시편들의 물성변화를 검토하기 위하여 두 종류의 혼합물에 대해 각각 목표 공극률 4%로 5개의 선회다짐 시편을 제작하여 코어를 채취하고 각 혼합물당 총 10개의 시험시편을 제작하였다. 시편의 상부 및 하부에서 채취한 시편들의 공극률을 측정된 결과 표 2에서 보는것과 같이 0.5%이내의 차이를 보여 상부 및 하부 시편간의 물성 변화는 크지 않은 것으로 판단되었다.

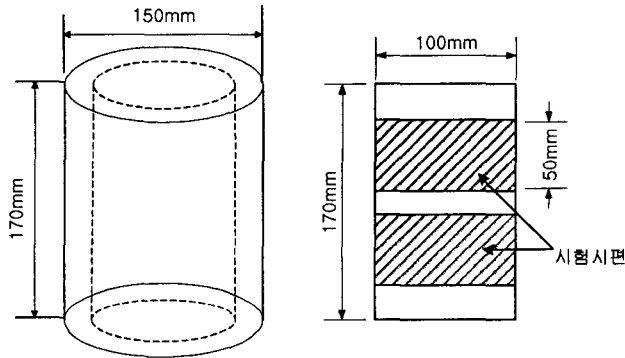


그림 1. 피로시험용 시편 제작 방식

표 2. 시편 상부 및 하부에서 채취한 시편간의 공극률 비교

시편번호	혼합물 A		혼합물 B	
	상부	하부	상부	하부
1	4.57	4.09	4.33	4.83
2	4.52	4.26	3.96	4.84
3	3.28	3.21	3.92	4.70
4	4.55	4.76	4.53	4.72
5	4.12	4.40	4.21	4.51
평균	4.21	4.14	4.19	4.72

2.3 시험방법

시험에 사용된 장비는 Servo-Hydraulic Closed Loop 시스템의 장비로서 MTS사의 모델 810(10Ton)이다. 모든 시험은 간접인장방식에 의해 수행되었고, 시험시편을 장비에 거치한 광경은 그림 2와 같다. 그림에서 보는바와 같이 시편의 상부 및 하부에 하중을 재하할 수 있는 재하장치는 LTPP(2001)에서 제안한 방식으로 제작하여 사용하였다.

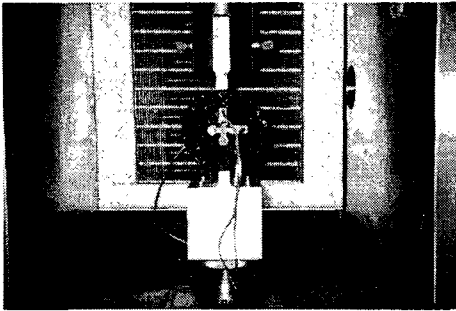


그림 2. 시편을 시험장비에 거치한 광경

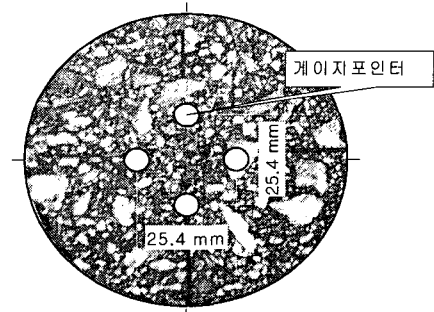


그림 3. 시편에 게이지 포인트를 설치하는 방법

시편에 발생하는 수평 및 수직 변위를 측정하기 위하여 미국 Epsilon Technology사에서 개발한 Strain 게이지 방식의 Extensometer를 시편의 앞과 뒤에 부착하여 변위를 측정하였다. 시험에 앞서 시편의 중심을 기준으로 그림 3에서 보는바와 같이 수평과 연직선을 따라 게이지 길이 25.4mm(1inch)만큼 떨어진 위치에 게이지 부착을 위한 철제 포인트(point)를 예폭시로 부착하였다. 철제 포인트 위에 수평 및 수직 Extensometer 1개조씩을 설치하여 (포인트와 Extensometer는 자석 힘으로 고정됨) 변위를 측정하였다.

게이지 길이의 경우에는 이론적으로 길이가 짧을수록 바람직하나 골재의 입경을 고려해야하기 때문에 Buttler and Roque(1994)는 25.4mm를 제안하였고 Kim(2001)은 50.8mm를 제안하였다. 게이지 길이 25.4mm의 경우 최대입경 19mm 골재를 사용한 혼합물의 경우 시편의 중앙에 큰 골재가 분포할 경우 상대적으로 변위가 적게 발생할 우려가 있고 반대로 50.8mm의 경우에는 시편의 단부에 응력집중 현상이 발생해 이를 완전히 벗어나기 힘든 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 50.8mm보다는 25.4mm의 게이지 길이를 적용하고 철제 포인트의 중앙에 큰 골재가 있는 시편은 시험을 피하도록 하였다.

시편의 앞면과 뒷면 각각으로부터 수평 및 수직 Extensometer들로부터 읽어 들이는 4개의 Voltage 신호를 증폭하고 노이즈를 제거하는 Signal Conditioning을 위해 Data Logger를 사용하였으며, 이를 하중 및 Stroke 변위의 신호와 함께 MTS DAQ 장비에 저장하였다.

각각의 시편에 대한 피로시험을 진행하기에 앞서 아스팔트 혼합물의 점탄성 물성을 측정하기 위하여 크리프시험과 동탄성계수시험을 실시하였으며, 모든 시험은 20°C의 온도에서 수행하였다. 각 시편에 대한 시험은 그림 4에서 보는바와 같이 먼저 크리프시험을 1000초간 수행한 다음 1시간의 휴지기를 주어 변위가 완전히 회복되도록 기다린 다음 주기 10Hz의 Haversine파형의 하중을 재하하여 동탄성계수측정을 실시하고 역시 1시간의 휴지기를 거친 다음 0.1초의 하중재하 및 0.9초의 휴지기를 갖는 피로시험을 순차적으로 진행하였다. 크리프시험과 동탄성계수시험은 혼합물의 선형 점탄성 물성을 측정하는 목적으로 수행하였기 때문에 하중은 재료의 선형 점탄성범위를 벗어나지 않는 구간 내에서 결정하였다.

크리프시험의 경우 동일한 시편에 대해 500N, 700N, 1000N의 하중을 재하하여 시험을 실시하고 크리프 컴플라이언스(creep compliance) $D(t)$ 를 구한 다음 $D(t)$ -시간의 관계곡선을 그리고 곡선간의 중첩을 확인한 결과 500N과 700N 데이터는 동일한 곡선상에 중첩되었으나 1,000N은 중복되지 않고 위쪽에 위치하였다. 따라서, 본 연구에서는 크리프시험의 하중을 500N으로 결정하였다. 그리고 동탄성계수시험에서는 총 수평변위가 140~150 $\mu\epsilon$ 사이, 한 Cycle당 진폭은 40~50 $\mu\epsilon$ 사이가 되도록 하중을 정하였다. 피로시험의 하중진폭은 미리 예비시험을 통하여 피로에 의한 파괴까지의 하중재하회수가 대략 3,000~5,000회, 20,000~30,000회, 100,000회 정도되는 3개의 하중을 결정하여 사용하였다.

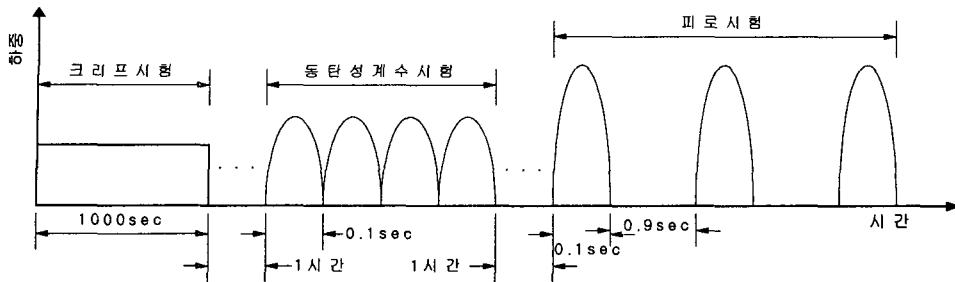


그림 4. 간접인장 시험절차

2.4 데이터수집 및 해석 프로그램 개발

본 연구에서는 간접인장 방식에 의한 크리프 및 동탄성계수, 피로시험 수행시 발생하는 데이터를 적절한 시간에 적절한 데이터 수집비율(sampling rate)로 저장하기 위하여 National Instrument에서 개발한 LabView 프로그램을 사용하여 데이터 수집 프로그램을 개발하였다.

크리프시험에서 발생하는 변위는 시험 초기에는 급격히 변화를 하지만 이후에는 점진적으로 변화하기 때문에 동일한 Sampling Rate(SR)을 적용할 경우 SR이 너무 크면 데이터의 양이 너무 많게 되어 저장하는데 문제가 발생하는 반면 SR이 너무 적게 되면 시험초기의 변위 증가량을 적절히 수집할 수 없는 문제점 있다. 따라서, 본 연구에서는 초기 17초 동안과 그 이후를 구분하여 각각 600point/sec 및 1point/sec의 이원화된 SR를 사용하여 데이터를 수집하였다. 이러한 데이터의 수집 및 저장을 자동적으로 처리하기 위하여 프로그램을 개발하였다. 또한 간접인장 방식에 의한 시험의 경우 시편내부에 발생하는 응력과 변위가 일정하지 않고 해석적으로 이를 계산하기가 간단하지 않다. 본 연구에서는 기존에 적용되는 탄성이론에 의한 식과 Buttlar and Roque(1994)가 제안한 방식, Kim(2001)이 제안한 방식 등을 먼저 고찰하고 이를 통해 식 1, 2, 3 과 같은 새로운 방식의 계산식들을 제안하였다.

$$\epsilon_x = H(t) \frac{C_1 + C_2 v}{C_3 + C_4 v} \times C_{BX} \tag{1}$$

$$\sigma_x = \frac{2P}{\pi dt} \times C_{SX} \tag{2}$$

$$\sigma_y = \frac{-6P}{\pi dt} \times C_{SY} \tag{3}$$

여기서, $C_1 \sim C_4$ = 시편 중앙에서의 수평 변형을 계산을 위한 계수값
 C_{BX} = horizontal bulging correction factor
 C_{SX} = horizontal stress correction factor
 C_{SY} = vertical stress correction factor.

동탄성계수시험에서 발생하는 변위는 위의 크리프시험과 같은 변화를 보이지만 이 시험은 각 사이클마다의 하중과 변위의 최고점의 변화를 체크하여야 하기 때문에 동일한 SR이 필요하고 위상각의 정밀도를 위해 600point/sec 의 SR을 사용하여 데이터를 수집하였다. 이러한 데이터의 수집 및 저장을 자동적으로 처리하기 위하여 프로그램을 개발하였다. 또한 일축 하중상태에서 동탄성계수는 축방향 응력 진폭을 축방향 변형을 진폭으로 나눈 값으로 정의된다. 그러나 간접인장의 경우 시편에 발생하는 응력이 2축 응력상태(Bi-axial stress state)에 놓이기 때문에 복잡한 거동을 띄게 되어 동탄성계수를 산정하기가 쉽지 않다. 특히, 아스팔트 혼합물은 점탄성 재료이기 때문에 점탄성 이론을 통해 정확한 해를 구할 수 있으나 현재 이러한 사항에 대한 국내외 연구가 수행된 결과가 없기 때문에 본 연구에서는 탄성해와 점탄성해를 수정 보완하여 사용하였다.

피로시험에서 데이터 수집부분을 살펴보면 피로시험이 진행되는 동안 발생하는 모든 데이터를 저장하기



에는 컴퓨터의 저장용량의 한계로 인하여 거의 불가능하기 때문에 적절한 시간에 적정한 량의 데이터를 수집하여야 한다. 피로수명을 산정하기 위해서는 시편의 강성을 사용하게 되는데 시편의 강성은 수평 인장 변형률의 진폭을 사용하여 계산하게 된다. 피로시험이 진행되는 동안 일반적으로 인장 변형률은 초기에 큰 폭으로 증가되다가 한참동안은 큰 변화가 없으며 파괴에 도달할 때 다시 큰 폭으로 변화하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 피로시험이 진행되는 동안 20초 간격으로 데이터를 읽어 들여 시편의 강성을 계산하고 시편의 강성이 2.5%씩 감소할 때마다 6개 cycle의 데이터를 저장하였으며, 이러한 과정을 자동으로 수행할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

아스팔트 혼합물의 피로수명을 평가하는 가장 일반적인 방법은 혼합물에 대해 피로시험을 수행하여 얻어진 데이터로부터 강성(stiffness)을 계산하고 이를 통해 시편의 강성이 초기 강성의 50% 도달했을 때까지 시편에 가해진 하중재하회수를 피로수명으로 결정하는 방식, 그리고 하중재하회수에 따른 변형을 진폭의 변화를 그래프로 그린 다음 최소곡률반경이 되는 지점의 하중재하회수를 피로수명으로 결정하는 방식이 있다. 본 연구의 경우 강성의 변화는 초기거동을 제외하고 강성의 50%이하까지 선형의 변화를 보이고 있다. 또한 변형률진폭의 변화에서는 최소곡률반경의 부분이 보이질 않아서 추세선을 추가하여 그래프를 다시 도식한 후 피로수명을 결정하였다. 이와 같은 경우 즉 강성은 50%까지 변화를 보이지만 변형률진폭의 변화에서는 최소곡률반경이 나오지 않는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서 피로수명을 결정하는 방법은 강성의 그래프에서 선형의 추세선을 사용하여 결정하는 방법을 사용하였다.

간접인장 피로시험의 경우 시편에 일정한 크기의 진폭을 가진 압축하중을 반복 재하하는 방식이지만 2축 응력 상태이기 때문에 포아송비에 따라 응력이 변화하게 된다. 시편이 선형 점탄성 범위내에 존재할 경우에는 포아송비가 일정하지만 선형 점탄성 범위를 벗어날 경우에는 시편에 발생하는 손상에 의해 포아송비가 증가하게 된다. 그러나 포아송비를 정확히 실험을 통하여 실측하기는 굉장히 어렵기 때문에 본 연구에서는 포아송비를 0.35로 가정하여 강성을 계산하였다.

3. 시험데이터 해석결과

3.1 크리프시험 해석결과

최대입경 13mm와 19mm 골재에 PG 58-22의 바인더를 사용한 혼합물과 PG 64-22의 아스팔트 바인더를 사용한 두 혼합물에 대한 크리프 시험결과는 그림 5와 같다. 그림 5의 (a)는 최대입경 13mm 골재에 PG58-22 아스팔트 바인더를 사용한 혼합물로서 각 시편의 크리프 시험결과를 사용하여 산정한 Creep Compliance와 각 시편에서 구한 Modified Power Law(MPL) 계수를 평균하여 산정한 MPL을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 MPL이 이 혼합물의 대표적인 크리프거동을 비교적 잘 모사함을 알 수 있다. 따라서 각 혼합물 간의 크리프 시험결과를 그림 5의 (b)에 MPL로 비교하였다.

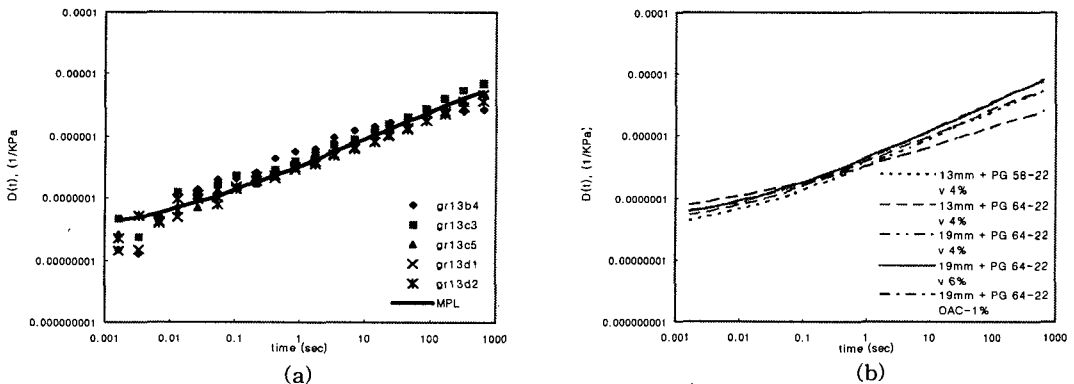


그림 5. 측정된 D(t)와 MPL비교



D(t)와 하중 재하시간 t와의 관계는 일반적으로 S자형 곡선 형태를 띄고 있다. 이러한 크리프 데이터를 수학적으로 표현하는 방법에는 몇 가지 모형이 사용가능하며, 본 연구에서는 다음 식과 같은 MPL을 사용하였다.

$$D(t) = D_0 + \frac{D_\infty - D_0}{\left(1 + \frac{\tau_0}{t}\right)^n} \quad (4)$$

- 여기서, D_0 = Creep Compliance (t=0)
- D_∞ = Creep Compliance (t=∞)
- τ_0 = 시간정수
- n = D(t)-t 대수관계 곡선에서 직선구간의 기울기

식 4의 계수를 구하는 방법은 먼저 회귀분석을 통하여 n 값을 구하고, D(t) 데이터로부터 D_0 , D_∞ 값을 결정 한 다음 실험 데이터와 모델식의 오차를 최소화하는 방법으로 τ_0 를 산정하였다.

3.2 동탄성계수시험 해석결과

표 3은 간접인장 방식에 의한 각 혼합물의 동탄성계수를 측정하여 평균치를 계산해 정리한 것이다. 한 혼합물당 최소 6개 이상의 시편에 대한 측정값을 사용하여 평균치를 산정하였고 각 시편간의 물성변화와 시험시의 오차를 감안하기 위하여 각 혼합물마다 최대 값과 최소 값을 뺀 평균을 사용하였다.

표 3. 혼합물 종류별 동탄성계수 측정 결과 (10Hz)

혼합물 종류	동탄성계수	Phase Angle
화강암 13mm, PG 64-22, Air Void 4%	9715.41 MPa	18.46 °
화강암 19mm, PG 64-22, Air Void 4%	7996.49 MPa	25.78 °
화강암 19mm, PG 64-22, Air Void 6%	7555.06 MPa	21.53 °
화강암 19mm, PG 64-22, OAC -1%	8819.50 MPa	17.58 °
화강암 19mm, PG 64-22, OAC +1%	8391.36 MPa	23.44 °

그림 6은 간접인장시험으로 측정한 동탄성계수와 일축압축시험에서 산정한 동탄성계수를 비교한 것이다. 그림에서 보는바와 같이 각각의 하중재하방식에서 구한 동탄성계수는 최대오차 15% 최소오차 5%로서 비교적 잘 일치함을 알 수 있다. 이론적으로는 시편의 하중재하 방식이 다르더라도 하나의 혼합물에 대해서는 동일한 동탄성계수를 얻을 수 있으나 실제 시험시에는 시편간의 물성변화와 동탄성계수 산정식의 오류 등으로 인하여 이러한 오차를 유발시킨 것으로 판단된다.

최대 입경이 13mm 혼합물의 동탄성계수가 최대 입경 19mm 혼합물의 동탄성계수 보다 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 동일한 입경의 경우 공극률이 증가하면 동탄성계수는 감소한다는 것을 알 수 있다.

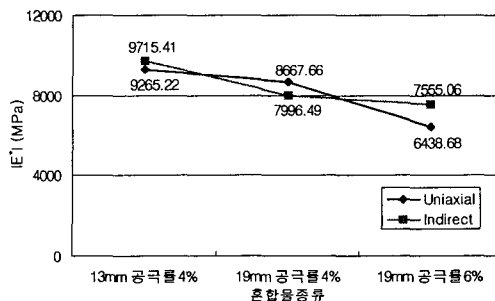


그림 6. PG 64-22 바인더 혼합물의 동탄성계수 비교



3.3 피로시험 해석결과

현재까지 피로시험을 수행한 시편의 개수는 총 54개이나 실제 피로에 의한 시편의 파손이 발생될 때까지 데이터를 수집한 시편은 15개에 불과하다. 이러한 이유는 현재 피로시험에 사용하는 수평변위 측정용 Extensometer의 측정한계가 0.5mm로 제한되어 있다는데 문제가 있다. 즉 실제 피로파손은 누적된 수평변위가 0.5mm 이상인 경우 많이 발생되나 본 연구에서 사용한 Extensometer의 측정 한계는 0.5mm로 제한되어 있어 그 한계 이상은 데이터 수집이 불가능하다.

피로발생까지 데이터가 충분하지 않은 경우 앞서 언급한 문제점을 해결하고자 본 연구에서는 하중회수에 따른 강성의 변화가 피로한계까지 선형적으로 변화한다는 가정 하에 그림 7의 예와 같이 피로수명을 추정하여 결정하였다. 이러한 가정이 성립하는가를 분석하기 위하여 피로발생 때까지 충분한 데이터가 수집된 피로시험 데이터 15개를 분석하였으며, 분석한 결과 그림 7에 보인바와 같이 대부분 강성이 초기 강성의 50%에 도달할 때까지 선형적으로 변화하였다.

3차 년도 연구에서는 수평변위 측정한계가 1.0mm인 Extensometer를 추가로 구매하여 사용할 계획이기 때문에 이러한 문제점을 완전히 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

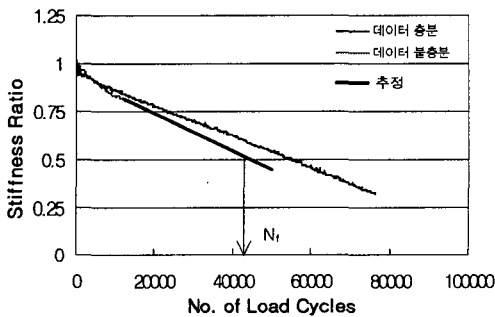


그림 7. 피로수명 추정방법

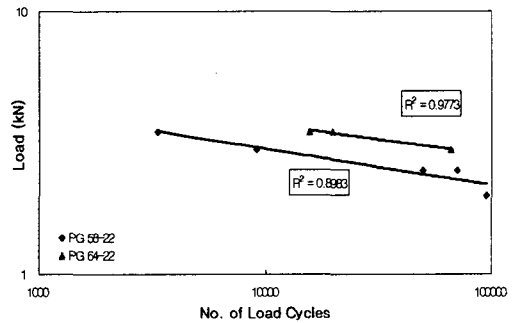


그림 8. 최대입경 13mm 골재 종류에 따른 피로수명 비교

그림 8은 최대입경 13mm골재에 PG 58-22와 PG 64-22 바인더를 사용한 혼합물의 피로시험결과로서 PG 58-22 바인더를 사용한 혼합물의 피로수명이 PG 64-22 바인더를 사용한 혼합물에 비해 상당히 작은 것을 알 수 있다. 이는 PG 58-22 바인더를 사용한 혼합물의 배합설계시에 시험자의 착오로 바인더의 함량이 최적아스팔트함량보다 더 작게 첨가되어 피로수명차이가 더 크게 나타났다.

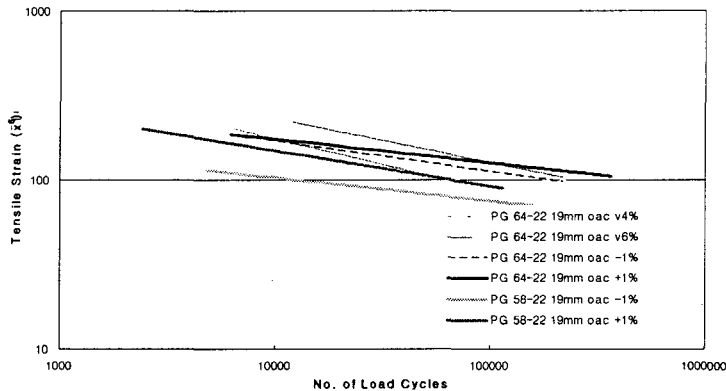


그림 9. 19mm 혼합물에 대한 피로수명 비교



그림 9는 최대입경 19mm 밀입도 골재에 PG 64-22 바인더와 PG 58-22를 사용한 혼합물들의 피로수명을 비교한 것이다. 공극률 4% 기준의 혼합물을 비교했을 때 바인더의 함량이 최적함량에 비해 1% 과다한 경우 피로수명이 증대되어 기존의 실험결과들과 잘 일치하였다. 그러나 바인더 함량을 1% 줄인 경우 오히려 최적함량에 비해 피로수명이 증대되어 기존의 실험결과와 상반된 결과를 나타내었다. 또한 바인더가 최적함량인 경우를 비교해 보면 공극률이 4%인 혼합물에 비해 공극률이 6인 혼합물의 피로수명이 크게 나타나 기존의 실험결과들과는 상반된 결과가 도출되었다. 이러한 문제점을 종합해 보면 결국 최적함량에 4% 공극률을 가진 혼합물의 피로시험결과에 신뢰성이 떨어짐을 알 수 있고 새로운 시편을 제작하여 추가적인 시험을 수행할 계획이다.

4. 결론 및 향후 연구과제

아스팔트 포장의 파손모형 개발에 있어 현재까지 진행된 연구개발내용을 요약정리하면 다음과 같다.

- (1) 간접인장 방식의 시험에 대한 데이터 수집 장비를 구축, 게이지 포인터 설치 및 하중재하장치 제작
- (2) 크리프시험, 동탄성계수시험, 피로시험에 대한 절차를 수립, 시험 수행시 발생하는 데이터를 저장하기 위한 데이터 수집 프로그램 개발
- (3) 크리프 데이터 해석시 기존에 적용된 방식들을 고찰, 이를 통한 새로운 계산식을 제안, 해석과정을 자동으로 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램 개발
- (4) 동탄성계수시험 데이터 해석시 동탄성계수시험을 수행하여 얻어진 데이터로부터 동탄성계수 산정, 해석 과정을 자동으로 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램 개발
- (5) 피로시험 데이터 해석시 피로시험을 수행하여 얻어진 데이터로부터 시편의 강성을 계산, 피로수명을 산정, 등의 전과정을 처리하기 위한 해석 프로그램 개발
- (6) 크리프 시험, 동탄성계수시험, 피로시험 결과를 고찰

피로공용성에 주요한 영향을 미치는 아스팔트 혼합물 구성요소들을 다양한 하중 및 환경조건하에서 실내 시험을 실시하고, 이러한 결과들을 DB(Data Base)로 구축하였다. 하지만 향후 선정될 피로손상 예측모형 개발을 위해서는 보다 많은 시험결과를 추가하여 DB를 구축하여야 할 것이다. 지금까지의 연구는 향후 선정될 피로손상 예측모형 개발의 기본 자료로 활용할 것이며 앞으로 더 많은 시험결과를 추가할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구의 일부로 본 연구를 지원하여준 건설교통부 및 한국건설기술연구원, 한국도로공사에 감사드립니다.

참고문헌

1. Buttlar, W. G. and R. Roque, "Development and Evaluation of the Strategic Highway Research Program Measurement and Analysis System for Indirect Tensile Testing at Low Temperatures", TRR 1454, TRB, 1994
2. Kim et al., "Fatigue Performance Evaluation of WesTrack Asphalt Mixtures Using Viscoelastic Continuum Damage Approach", Final Report, North Carolina Department of Transportation, Raleigh, NC, 2001
3. LTPP, "Test Method for Determining the Creep Compliance, Resilient Modulus and Strength of Asphalt Materials Using the Indirect Tensile Test Device", Nersion 1.1, LTPP Test Protocol P07, FHWA, 2001