

저온과 고온특성 향상을 위한 켈크리트의 개질

Modification of Chemcretes for Improvement of Low and High Temperature Characteristics

허정도* · 진정훈** · 이석홍*** · 이형준****

Huh, Jung Do · Jin, Jung Hoon · Lee, Suk Hong · Lee, Hyung Joon

1. 서론

켈크리트는 금속유기화합물로서 아스팔트에 첨가하면 산화를 위한 촉매역할을 하여 아스팔트를 급속히 산화노화시킨다. 그 결과 아스팔트는 점도가 높아짐과 동시에 탄성과 유연성을 상실하고 딱딱해진다. 이러한 성질의 변화는 내유동성을 증가시켜 소성변형에는 다소 유리하지만, 반대로 겨울철에는 반복하중에 의하여 쉽게 재료파괴를 일으켜 조기에 포장손상에 도달한다. 산화노화와 그에 따른 균열을 지연시킬 목적으로 본 연구에서는 켈크리트에 첨가제를 일부 첨가하여 개질을 시도하였다. 아래는 이에 대한 연구결과이다.

2. 시료준비와 동전단시험

본 실험에 4종류의 다른 바인더를 준비하였다. 먼저 V-사의 AP-5 아스팔트 100%, V-사의 AP-5 95%와 5%의 (켈크리트), V-사의 AP-5 95%와 5%의 (개질제 A가 첨가된 켈크리트), V-사의 AP-5 95%와 5%의 (개질제 B가 첨가된 켈크리트)를 각각 준비하였다. 이들을 150°C 오븐에 넣고, 6시간 30분 동안 가열산화시켰다. 이렇게 처리된 바인더들로부터 동전단시험기의 측정평판과 평판 사이에 거치시킬 시편을 제작하였다.

측정조건은 25 mm 의 평판-평판 기구를 사용하였고, 시료를 이 평판 사이에 적재하여 시료두께를 1 mm 로 조정하고, 테두리를 깨끗하게 제거한 후 원하는 온도가 되도록 온도제어를 하여 그 온도에 도달하면 30분 동안 안정화 시켰다. 이상의 절차가 끝나면 실험을 위한 조건이 완성된다.

Frequency sweep 시험이 목적이지만, 이를 위해 선형변형을 범위를 먼저 알아야 함으로 40°C에서 Strain sweep 시험을 우선 실시하였다. 이 시험을 행하여 복합계수 값이 95%범위의 선형변형을 유지하는 최대변형을 값을 찾았다. 선형점탄성조건을 만족시키기 위하여 이 최대변형을 값을 고정시키고, 6가지 다른 온도(40, 45, 50, 55, 60°C)와 주기범위(0.1-100 rad/s)에서 동 전단 레오메터 (DSR : Dynamic Shear Rheometer)에 의하여 frequency sweep 시험을 실시하였으며, 각 온도마다 측정주기는 낮은 값에서 높은 값으로 증가시키며 측정하였다. 사용된 동전단레오메터(Dynamic Shear Rheometer)는 미국 Rheometrics 사의 Rheometric Asphalt Analyzer(HICT/ARES 3-A27) 실험 장치 (이하 DSR장비로 명명)이며, 시료를 측정평판에 장착하고 이상에서 언급한 모든 실험조건을 컴퓨터에 입력하면 내장된 프로그램에 의하여 자동적으로 실험을 수행하여 측정값을 제공한다.

* 정회원 · 인천대학교 첨단도교교통연구소 수석연구원 · 공학박사 · Email : jung_huh@hotmail.com

** 정회원 · 인천대학교 토목환경시스템공학과 · 박사과정 · Email : jinrino@kornet.net

*** 정회원 · 현대건설기술연구소 수석연구원 · 공학박사 · Email : shlee@hdec.co.kr

**** 정회원 · (주)표준켈크리트 사장 · Email : hjl46@hananet.net

3. 데이터분석 및 해석

측정된 데이터 중 40℃는 피로균열온도영역에 가까움으로 피로균열특성을, 55℃는 소성변형영역에 가까움으로 소성변형특성을 대변한다고 고려하여, 두 온도에서의 각 바인더의 거동을 분석하였다. 그림 1에는 40℃에서의 각 바인더의 점탄성변수 값을 보여준다. 네 바인더 모두 log-log 그림에서 직선관계를 나타냄으로서 지수법칙을 따름을 알 수 있다. Modifiers-A와 B의 값이 거의 동일하면서 제일 크고, 다음이 켈크리트, AP-5 아스팔트순으로 나타나는 데, 켈크리트와 AP-5의 차가 상당히 큰 것을 볼 수 있다. 이처럼 높은 점탄성변수는 해당 바인더의 딱딱함의 정도를 나타내는 데, 만약 어느 재료가 탄성도 있으면서 점탄성변수값도 높다면 이는 피로균열 저항성에 도움이 된다.

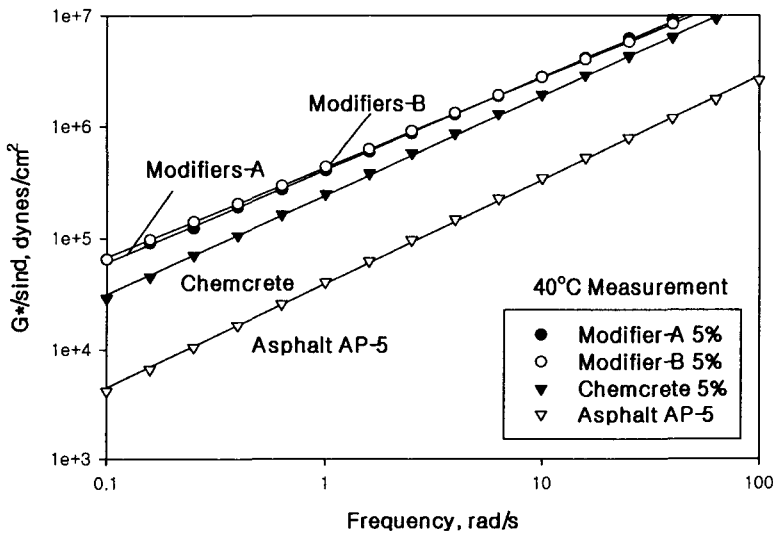


그림 1. 40℃에서의 네 다른 바인더의 점탄성변수 값

그림 2에는 55℃에서의 각 바인더의 점탄성변수 값을 보여준다. 이 소성변형영역에서의 특이한 점은 낮은 주기 영역에서의 Modifiers-A와 B의 거동이다. 소성변형은 낮은 주기에서의 점탄성변수값이 클수록 소성변형저항성이 더욱 우수함으로 상기 두 바인더가 소성변형에 우수함을 알 수 있다.

그림 3에는 점탄성성질을 대변하는 sind의 값을 나타내었다. 이 그림을 참조하면 피로균열영역에서 Modifiers-A와 B의 sind값은 탄성의 증가로 인하여 그 값이 1.0보다도 작아지는 데 반하여, 켈크리트는 탄성값이 크게 증가하지 않음을 볼 수 있다. 즉 켈크리트는 40℃에서 G*/sind값이 상대적으로 큰 데 비하여 탄성은 적으므로 온도가 내려가면 딱딱하고 유연성이 없는 재료가 되어 피로균열저항성이 열악해짐을 시사한다. 반면에 Modifiers-A와 B는 피로균열영역에서 점탄성변수값과 아울러 탄성도 크므로 피로균열에 비교적 우수한 재료임을 예측할 수 있다. 이러한 사실은 Modifiers-A와 B가 켈크리트의 저온특성을 향상하고 있음을 보여주는 증거이다. 그림 4는 온도 55℃에서의 sind값을 나타낸다. 여기서 특이한 사실은 낮은 주기에서 상당히 큰 탄성이 존재하며 주기의 증가와 더불어 탄성값이 감소한다는 사실이다. 이러한 현상은 이들 재료가 유동을 일으키기 전에 하나의 응집체를 형성하고 있다가 유동과 함께 그 구조가 파괴되는 현상을 나타낸다고 추측되며, 이는 그림 2의 낮은 주기에서의 높은 점탄성변수값과도 무관하지 않다고 고려된다.

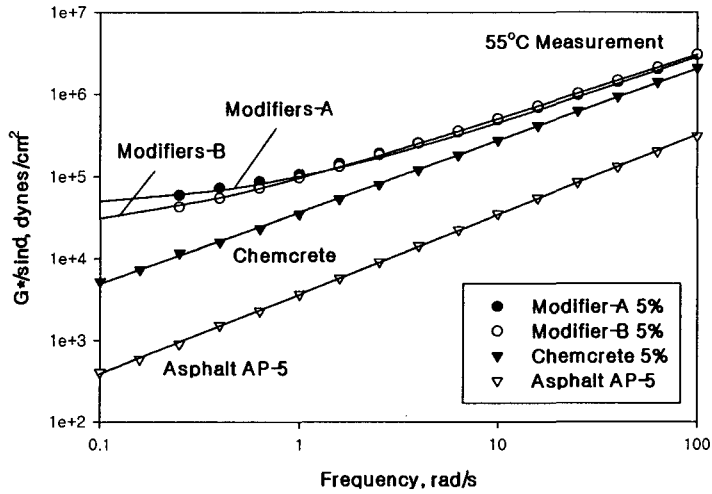


그림 2. 55°C에서의 네 다른 바인더의 점탄성변수 값

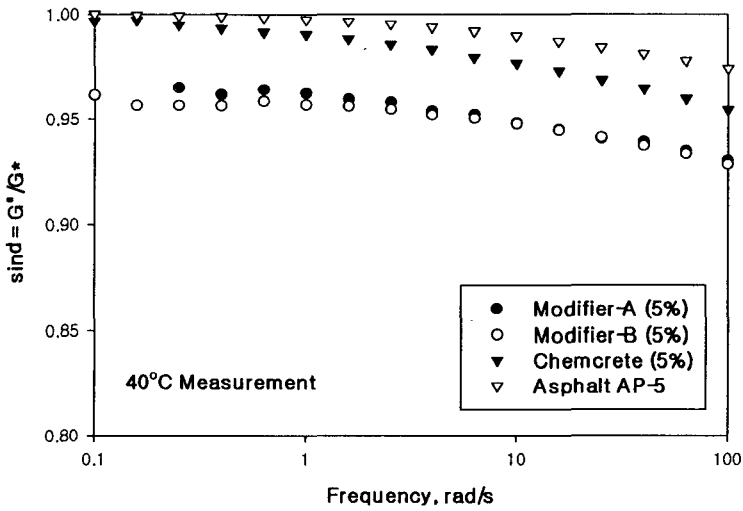


그림 3. 40°C에서의 네 다른 바인더의 sind 값

마지막으로 그림 5에는 온도가 변화할 때 전단민감지수의 변화를 살펴보았다. 전단민감지수는 간접적으로 특정바인더의 탄성정도를 나타내는 데, 이 값이 적을수록 더욱 탄성의 값이 크다. 여기서 특기할 점은 켈크리트의 경우 온도가 내려갈수록 전단민감지수값이 증가한다는 사실이다. 이는 온도가 내려갈수록 탄성이 감소함을 의미하고 저온에서 피로균열을 일으키기 쉽게 된다. 그림 5에서도 Modifiers_A와 B가 우수한 탄성값을 나타내지만 Modifier-B가 다소 좋은 탄성을 가지고 있음을 말하고 있다.

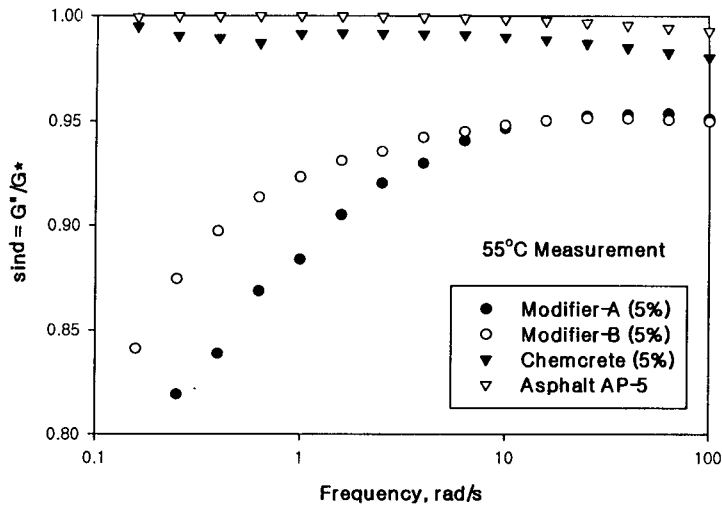


그림 4. 55°C에서의 네 다른 바인더의 sind 값

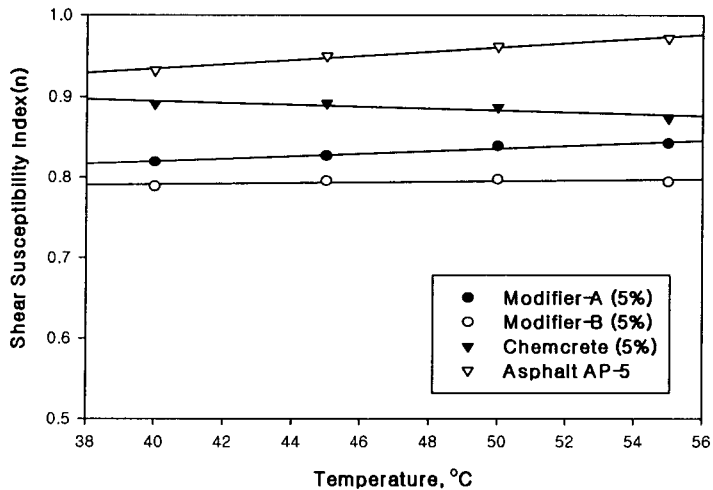


그림 5. 온도변화에 따른 전단민감지수 값

6. 결론

본 연구에서는 켈크리트에 두 다른 개질제를 첨가하여 그 특성을 조사하였는데, 두 개질제 모두 켈크리트의 저온 및 고온 물성을 향상시켰으며, 앞으로 이들을 사용한 켈크리트의 성능향상이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2003년 중소기업청의 재정적 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.