

고무 탄성칩을 이용한 저소음 아스팔트 혼합물의 특성

Characterization of Noise Reduction Asphalt Mixtures containing Rubber Chip

김영민* · 양성린** · 정규동*** · 황성도****

Kim, Yeong-Min · Yang, Sung-Lin · Jeong, Kyu-Dong · Hwang, Sung-Do

1. 서론

현대 사회는 교통량의 폭발적인 증가와 대형화, 고중량화, 고속화로 차량 주행 시 발생하는 소음 공해가 심각한 사회적 문제로 인식되고 있으며, 특히 주택가, 아파트 단지, 학교 주변 등의 차량 주행 소음은 평온한 생활을 방해함으로써 민원 발생의 요인이 되고 있다. 소음을 줄이기 위한 방안으로 방음벽을 설치하고 있으나 소음 문제가 완전히 해소되지 않고 있고, 도심의 미관 저해와 조망권을 해칠 뿐 아니라, 설치비도 높은 문제가 있다. 따라서 도로소음을 줄이기 위하여 공극률 20%의 저소음 배수성 포장 공법에 의한 저소음 포장을 대안으로 적용하고 있으나, 소음감소 효과가 기대 이하이고, 시일이 경과됨에 따라 공극이 막힘으로 배수성의 고유 기능도 감소되고, 소음감소 효과도 떨어지며, 이를 해결하기 위한 배수성 포장 공극의 유지 관리도 쉽지 않는게 현실이다.

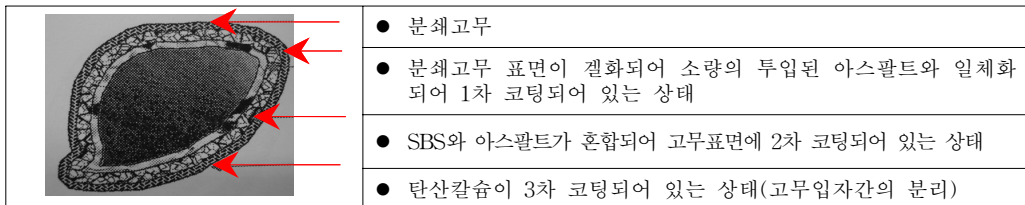
이에 본 연구는 기존 저소음 배수성 포장의 문제점을 해결하기 위해 SRA 개질재(고무칩)를 이용하여 보다 낮은 공극률에도 불구하고 포장의 내구성 및 기능성을 확보할 수 있는 저소음 아스팔트 혼합물을 개발(이하 ; SRA 저소음 아스팔트 혼합물)하였으며, 개발된 SRA 저소음 아스팔트 포장은 실내 실험을 통한 성능평가를 수행하였다.

2. 사용재료

2.1 고무탄성칩(SRA)

SRA란 Super Rubber Asphalt의 약자로 SRA-Chip을 사용한 아스팔트 혼합물을 뜻하며, SRA-Chip은 SBS와 1mm이하의 분쇄 페타이어를 주원료로 고온에서 숙성시킨 아스팔트 개질재로서 SRA-Chip을 아스팔트 혼합물 생산시 투입, 믹싱하면 분쇄 페타이어에 코팅된 아스팔트와 SBS는 아스팔트 혼합물에 용융되고, 고무칩은 아스팔트와 일체화 되어 고무가 SBS와 더불어 개질재 역할을 하도록 한 반건식 타입의 페타이어 개질재 기술로서 개념도는 다음과 같다.

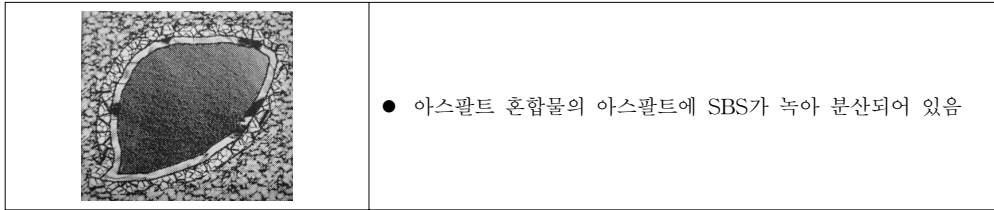
가. SRA-Chip



* SRA-Chip 제조시 아스팔트의 용융온도가 SBS의 용융 온도보다 낮기 때문에 분쇄고무에 먼저 아스팔트가 코팅되고 SBS가 나중에 코팅되는 원리임

* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사 · 031-910-0148(E-mail : choozang@kict.re.kr)
 ** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사 · 031-910-0614(E-mail : siyang@kict.re.kr)
 *** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원 · 공학석사 · 031-910-0183(E-mail : kdjeong@kict.re.kr)
 **** 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 책임연구원 · 공학박사 · 031-910-0180(E-mail : sdhwang@kict.re.kr)

나. SRA-Chip을 아스팔트 혼합물에 투입 후



2.2 아스팔트 바인더 및 골재

아스팔트의 분류는 침입도, 연화점 및 점도를 기준으로 하고 있으며, 국내에서는 KS M 2201(침입도 분류에 의한 도로포장용 아스팔트) 및 KS M 2208(점도 분류에 의한 도로포장용 아스팔트)에 따라 아스팔트를 분류하고 있다. 본 연구에서 사용된 기준 아스팔트 바인더(Control Binder)는 국내 S사에서 생산되는 일반 아스팔트 바인더(AP-5)로서 침입도 기준 70~80 등급 및 PG 등급 58-16을 가지는 포장용 아스팔트를 사용하였다. 또한, 본 연구에서 사용된 골재는 국내에서 가장 일반적으로 사용되고 있는 화강암질 SMA용(S사에서 생산) 골재를 사용하였으며, 골재의 품질시험 결과는 표 1과 같다. 사용된 골재는 체가름 작업에 의해 각 치수별로 분류하여 13mm 배수성 골재의 합성입도를 결정하였다.

표 1. 골재의 품질 시험 결과

구분	비중	흡수율 (%)	마모감량 (%)	안정성 (Na2SO4)	편장석함유량 (%)	피막박리시험 (%)
규격	2.5이상	3.0이하	40이하	12이하	20이하	95이상
품질	2.62	1.02	21.0	2.5	8.7	100

2.3 배합설계

저소음 포장의 배합설계의 기준은 국내 지방서 및 지침 등이 전무하여 본 연구에서는 배수성 아스팔트 혼합물의 배합설계 방법을 이용하여 저소음 아스팔트 포장의 배합설계를 수행하였으며, 공극률은 12~13%로 결정하였다. 이때의 최적 아스팔트 함량(Optimum Asphalt Content, OAC)은 5.4%로 결정하였으며, 다짐 방법은 타격식 다짐기를 이용하여 양면 50회로 다짐을 수행하여 시편을 제작하였다. SRA 첨가 비율은 혼합물 무게에 3%(무게비율)를 첨가하였다.

3. 시험 방법 및 결과

SRA 첨가제를 첨가한 아스팔트 바인더의 고온에서의 레올로지 특성(Rheology properties)을 평가하기 위한 DSR 시험과 저온에서의 특성을 평가하기 위해 BBR 시험을 통한 PG 등급을 산정하였다. 또한, 혼합물의 기본 물성 시험을 통해 저소음 포장으로서의 성능을 평가하였다. 공용성능 시험으로는 소성변형에 대한 저항성을 평가할 수 있는 휠트랙킹 시험을 수행하였으며, 수분에 대한 저항성 평가 및 골재의 부착성능을 평가하기 위해 수정 Lottman 시험을 수행하였다.

3.1 아스팔트 바인더 시험

저소음 아스팔트 포장에 사용되는 SRA 개질 첨가제를 첨가한 바인더의 기본 물성을 평가하기 위하여 DSR 시험과 BBR 시험을 통한 PG 등급을 산정하였으며, 기존 상용화되어 사용되고 있는 개질첨가제 A, B와의 비교 평가를 수행하였다. 그림 1과 그림 2는 DSR 시험 결과를 도식화 한 것이며, 그림 3은 BBR 시험 결과를 도식화 한 것이다. 원 시료의 DSR 시험 결과, SRA 탄성침(LS)만이 76℃에서 G*/sinδ의 기준 값인 1을 만족하지 못하는 결과를 나타냈다. 반면, 단기노화 후 DSR 시험 결과에서는 SRA 개질 첨가제만이 76℃

에서의 기준 값을 만족하지 못하는 결과를 나타내었다. 이는 SRA 탄성칩이 바인더 노화에 따른 물성 값의 변화주기가 큰 것으로 나타나 노화에 대한 저항성이 감소되는 것으로 판단된다. 또한, 저온에서의 균열 평가를 위한 BBR 시험 결과, 모든 바인더가 거의 유사한 결과를 나타내었으며, 저온에서의 균열 저항성을 모두 우수한 것으로 판단된다.

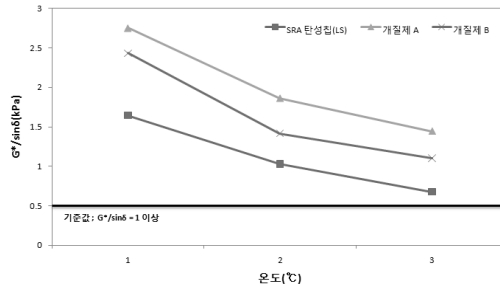


그림 1. 단기노화 전 DSR 시험 결과

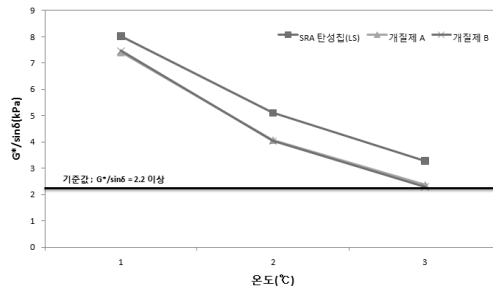


그림 2. 단기노화 후 DSR 시험결과

3.2 아스팔트 혼합물 시험

3.2.1 소성변형 저항성 시험

본 연구에서 사용된 휠트래킹 시험 방법은 일본의 건설성에서 사용하고 있는 시험 절차를 적용하였으며, 크랭크 방식의 변속구 동형 시험기를 사용하였다. 이를 통해 포장의 표층과 동일한 형상으로 제작된 아스팔트 혼합물의 빔 표면을 소정의 접지압과 고무 경도를 가진 솔리드 타이어로 주행시켜 차륜 침하량의 시간 변화를 측정하였다. 그림 3은 SRA 탄성칩을 첨가한 저소음 아스팔트 혼합물과 기존 상용화되어 사용중인 개질첨가제 A, B를 첨가한 개질 저소음 아스팔트 혼합물의 휠트래킹 시험 결과를 나타낸다. 그림과 같이 SRA 탄성칩은 상대적으로

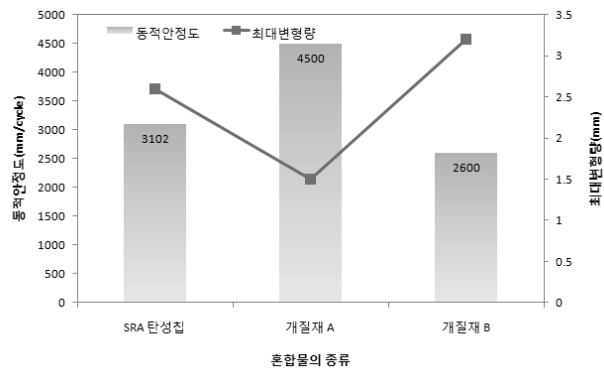


그림 3. 휠트래킹 시험결과

으로 높은 안정도 값을 나타내지는 않았지만 일반적으로 배수성 포장의 휠트래킹 기준 값인 3000mm/cycle을 넘는 것으로 나타났으며, 최대변형량 또한 2.6mm로 기존 재료들보다 상대적으로 낮은 결과를 나타냈다. 이는 상대적으로 기존 재료보다 소성변형에 대한 저항성이 우수한 것으로 판단되며, SRA 탄성칩이 아스팔트 혼합물의 탄성 특성을 강화시키는 것으로 판단된다.

3.2.2 수분 저항성 시험

아스팔트의 박리 현상은 아스팔트 포장체나 혼합물 속의 골재 표면과 아스팔트 사이에 존재하는 습기로 인하여 결합력이 없어지거나 약화되는 것이다. 이에 많은 연구자들은 수분 민감성을 파악하기 위한 많은 시험법이 개발하였으며, 가열 아스팔트 혼합물의 수분 민감성(Moisture Susceptibility)을 예측하기 위하여 사용되었다.(Hick 1991; Kandhal, 1992; 1994). 그러나 이러한 시험 중에서 어떠한 시험법도 광범위한 호응을 얻고 있는 방법은 없다. 그 이유는 신뢰성 결여와 실험실과 현장 조건 사이의 만족할 만한 관련이 없기 때문이다. 본 연구에서는 미국 NCHRP 246 연구계획에서 Lottman에 의하여 개발된 수분 민감성 시험(AASHTO T 283)을 적용하여 아스팔트 혼합물리의 수분 민감성을 평가하였다. 그림 4는 수정 Lottman 시험 결과를 나타내며, 그림에서와 같이 SRA 탄성칩을 첨가한 저소음 아스팔트 혼합물은 기존 재료들보다 약 2배정도 인장강도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 SRA 탄성칩이 아스팔트 혼합물에서 혼합될 때, 완벽히 용융되지 않고 아주 작은 미세 입자로 남아 인장강도 시험 시 부착력을 감소시키는 것이라 판단된다. 반면, 간접인장강도 비(Tensile Strength Ratio ; TSR)는 기존 재료들보다 현저히 높은 것으로 나타났다으며, 이는 60℃에서 용해되면서 부피가 팽창하여 공극을 메우는 효과를 나타내어 인장력이 발생하였을 경우, 골재와 아스팔트 바인더 사이의 부착력을 증대시켜 수분에 대한 저항성을 증가시키는 것으로 판단된다.

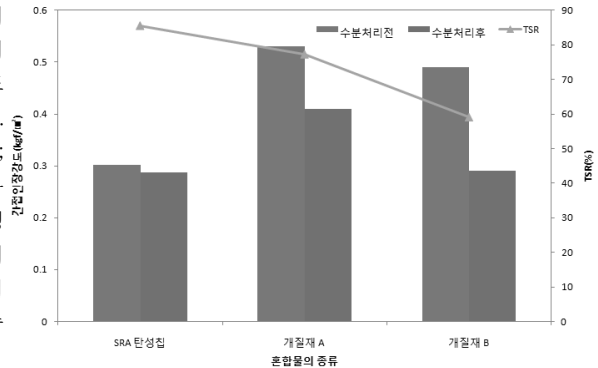


그림 4. 수정 Lottman 시험 결과

4. 결론

본 연구에서는 SRA 첨가제를 첨가한 저소음 아스팔트 포장의 실내 공용성능 시험 결과 다음과 같은 결과를 도출하였다.

아스팔트 바인더 시험 결과, SRA 탄성칩(LS)만이 76℃에서 $G^*/\sin\delta$ 의 기준 값인 1을 만족하지 못하는 결과를 나타냈다. 반면, 단기노화 후 DSR 시험 결과에서는 SRA 개질 첨가제만이 76℃에서의 기준 값을 만족하지 못하는 결과를 나타내었다. 이는 SRA 탄성칩이 바인더 노화에 따른 물성 값의 변화추이가 큰 것으로 나타나 노화에 대한 저항성이 감소되는 것으로 판단된다.

아스팔트 혼합물 시험 결과, SRA 탄성칩을 첨가한 저소음 아스팔트 혼합물은 최대침하량 및 동적안정도가 기존 재료보다 우수한 것으로 나타났으며, 이는 고무 탄성칩이 첨가됨으로서 포장의 탄성 특성을 강화시키는 것으로 판단된다. 또한 SRA 탄성칩이 아스팔트 혼합물에서 혼합될 때, 완벽히 용융되지 않고 아주 작은 미세 입자로 남아 인장강도 시험 시 부착력을 감소시키는 반면, 60℃에서 용해되면서 부피가 팽창하여 공극을 메우는 효과를 나타내어 인장력이 발생하였을 경우, 골재와 아스팔트 바인더 사이의 부착력을 증대시켜 수분에 대한 저항성을 증가시키는 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Prithvi S. Kandhal, Rajib B. Mallick, 'Open-Graded Asphalt Friction Course : State of the Practice', NCAT Report No.98-7, 1998
2. Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, L.Allen Cooley. Jr, Donald E. Watson, 'Design, Construction, and Performance of New-Generation Open-Graded Friction Courses', NCAT Report No.2000-01, 2000