

아스팔트 종류별 수분 박리저항성 평가 연구

Evaluation Study of Anti-stripping Performance for Various Kinds of Asphalt

차순만* · 황의윤** · 김기병***

1. 서 론

수분에 의한 아스팔트 혼합물의 박리현상(Stripping)은 아스팔트포장 도로파손에 중요한 원인 중에 하나가 되고 있다. 박리현상은 골재로부터 아스팔트가 벗겨져 나가 골재만 남는 것을 말하며, 이런 현상은 주로 우수(雨水)와 같은 수분에 의해 주로 발생한다. 박리는 일반적으로 아스팔트 포장층의 밑에서 시작하여 위로 진행하며, 박리가 발생하면 골재와 아스팔트간의 부착력이 떨어지게 되어 포장층 윗 부분에 여러가지 파손형태, 즉 소성변형(Rutting), 밀림(Shoving), 균열(Cracking), 라벨링(Ravelling) 등으로 나타나게 된다. 수분에 의한 박리현상의 주 원인을 보면 주로 골재에 있으며, 특히 골재의 물리·화학적 표면성질이 수분박리에 큰 영향을 미치고 있어 일부 골재는 박리에 대단히 민감하게 나타나기도 한다. 이 외에도 포장층에 박리현상이 발생하는 주요 원인들을 정리해 보면 먼저 포장층의 부적절한 배수, 그리고 포장층의 부적절한 포설 다짐으로 인한 공극률 과다현상도 초기에 수분침투에 의한 박리 발생의 원인이 될 수 있다. 또한 골재의 과도한 먼지와 토분함량은 아스팔트와 골재와의 확실한 접촉을 방해할 수 있고, 또한 물의 침투경로를 제공하므로써 박리발생의 주요 원인 중에 하나가 된다. 골재의 건조불량에 의한 높은 잔류 함수비 또한 박리 잠재성을 증가 시킬수 있으며, 약하고 깨지기 쉬운 골재, 즉 연질골재 사용도 박리현상을 일으키는 요인이 될 수 있다.

위에 설명한 이유들 외에도 수분에 의한 박리저항성은 동일한 골재를 사용하더라도 아스팔트의 종류에 따라 차이가 나타남을 알 수 있다. 본 연구에서는 AP-7, AP-5, AP-3, AP-1, AP-0 등 일반아스팔트 5종류와 개질아스팔트 12종류에 대해 수분에 의한 박리저항성을 평가하였다. 그리고 아스팔트 종류에 따른 수분박리 저항성 차이에 대한 원인을 규명하기 위해 각각의 아스팔트에 대해 표면장력을 측정하였으며, 이들 값과 수분박리 저항성과의 연관관계를 찾아 보았다.

* SK(주) 대덕기술원 · 수석연구원 · 공학박사 · 042-866-7712

** SK(주) 대덕기술원 · 선임연구원 · 042-866-7724

*** SK(주) 대덕기술원 · 주임연구원 · 042-866-7894



2. 박리저항성 평가 시험결과

2.1. 실험대상 아스팔트 종류

먼저 일반아스팔트 제품으로는 다양한 침입도 변화에 따른 박리저항성을 평가하기 위해 대상 시료의 침입도값 범위를 40~200로 넓혀서 시료를 선정하였으며, 이들 일반아스팔트 시료들의 침입도값을 표1에 나타내었다.

표1. 실험에 사용된 일반 아스팔트 시료

시료 명	AP-7	AP-5	AP-3	AP-1	AP-0
침입도값	47	69	92	131	187

다음으로는 개질재의 종류에 따른 박리저항성과 동일 개질재를 사용 하더라도 개질재함량 및 개질 아스팔트 제조방식에 따른 박리저항성의 차이를 평가하기 위해 총 12가지 종류의 다양한 개질아스팔트를 선정하여 평가하였으며, 이들 시료를 표2에서 요약하였다.

표2. 실험에 사용된 다양한 개질아스팔트 시료

시료 명	참고 사항
SBS(SP-82)	국내시판 분자결합형 SBS개질아스팔트 (PG 82-22)
SBS(SP-76)	국내시판 분자결합형 SBS개질아스팔트 (PG 76-22)
SBS(SP-70)	국내시판 분자결합형 SBS개질아스팔트 (PG 70-22)
SBS(EF-82)	일본산 단순배합형 SBS개질아스팔트 (PG 82-22 / 배수성포장용)
SBS(RF-76)	일본산 단순배합형 SBS개질아스팔트 (PG 76-22 / 改質II型)
SBS(RB-70)	일본산 단순배합형 SBS개질아스팔트 (PG 70-22 / 改質I型)
SBR	SBR개질아스팔트 (SBR Latex 8%)
PE	PE개질아스팔트 (LDPE 5%)
EVA	EVA개질아스팔트 (EVA 5%)
PB	PB개질아스팔트 (Poly-isobutylene 5%)
Gilsonite	Gilsonite개질아스팔트 (Gilsonite 8%)
Fiber	Fiber개질아스팔트 (Cellulose Fiber 5%)

2.2. 박리저항성 평가시험 방법

박리저항성 평가시험에는 여러가지 방법들이 개발되어 있으나 이번 연구에서는 두 가지 방법으로 실시하였다. 또한 실험에 사용되는 골재의 특성이 아스팔트혼합물의 박리저항성에 영향을 줄 수 있으므로, 이번 실험에 사용된 골재는 모두 동일한 골재를 사용하였다. 첫번째로 적용된 박리저항성 평가시험은 AASHTO T-182에서 규정하는 정적 수침시험으로, 그 시험방법을 보면 아스팔트 혼합물을 25℃의 증류수 속에 약 16시간 동안 담가둔 후에 이들 아스팔트 혼합물의 골재 표면에 아스팔트 피복 상태를 육안으로 평가하는 방법이다. 정적 수침시험법에 의해서는 상기의 모든 시료들이 골재 내에 아스팔트 박리율 0%를 나타내어 아스팔트 종류별 박리저항성의 차이를 분간할 수 없었다.

따라서 본 연구에서 사용된 박리저항성 평가방법은 일본 개질아스팔트의 수분박리율 규격시험인



JHS201-97 시험방법을 적용하였다. 시험방법을 보면 먼저 No.4 (4.75mm) 이상 13mm이하의 골재 95g과 아스팔트 5g을 잘 혼합하여 상온에서 약 1시간 방치한 후에 이들 아스팔트 혼합물을 80℃의 물 속에 30분간 담가 둔다. 30분 후에 시료를 꺼내어 상온에서 식힌 후에 골재 표면의 아스팔트 박리상태를 육안으로 평가하는 방법이다. 일반적으로 일본에서는 교면포장용 개질아스팔트의 경우 상기 실험에서 아스팔트 혼합물의 수분박리율이 5% 이하가 되도록 요구하고 있다. 실험장면 사진을 보면 그림1과 같다.

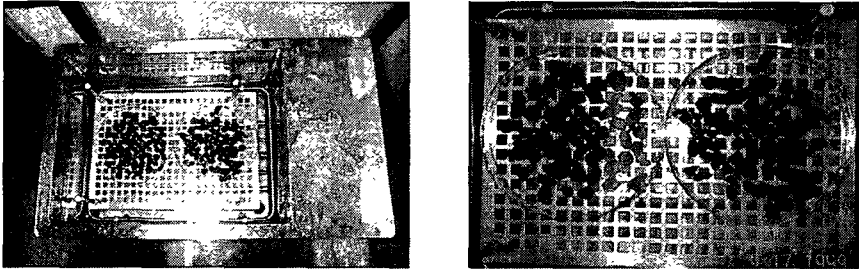


그림1. 80℃ 수조 내에서 수분 박리저항성을 평가하는 시험

2.3. 박리저항성 시험결과

일반아스팔트에 대한 수분 박리저항성을 평가한 결과 모든 일반아스팔트가 동일골재 사용 기준으로 35~65%의 박리율을 갖는 것으로 나타났으며, 표3에 시험결과를 나타내었다. 표3에서 보듯이 일반아스팔트의 경우 침입도가 높을수록 박리저항성이 다소 우수한 것으로 나타났으며, 일반적으로 부착성능은 점도와도 연관성이 있으나, 수분 하에서 골재와 아스팔트간의 부착성능은 침입도가 높은, 즉 점도가 낮은 아스팔트일수록 다소나마 더 우수한 것으로 나타났다. 그림2에서는 박리저항성 시험 후의 아스팔트 혼합물의 박리상태를 사진으로 보여주고 있다.

표3. 일반아스팔트 박리저항성 평가 결과

시료 종류	AP7	AP5	AP3	AP1	AP0
수분박리율	65 %	55 %	50 %	45 %	35 %

다음으로는 SBS, PE, EVA, PB, SBR, Gilsonite, Cellulose Fiber 등의 개질재를 각각 배합하여 제조한 여러종류의 개질아스팔트에 대해 박리저항성을 평가해 본 결과, 동일 골재 사용을 기준으로 PE와 SBS개질아스팔트가 수분에 대한 박리 저항성이 우수한 것으로 나타났다. 특히 SBS개질아스팔트의 경우 단순배합형 보다는 SBS와 아스팔트 분자간의 공유결합이 이루어진 분자결합형 SBS개질아스팔트가 박리저항성이 월등히 우수한 것으로 나타났다. SBS와 PE를 제외한 타 개질아스팔트의 경우 수분에 대한 아스팔트 박리율이 45%에서 70%까지로 나타나 일반아스팔트와는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 분자결합형 SBS개질아스팔트의 경우 전반적으로 박리저항성이 우수하였으며, SBS 함량에 따른 박리저항성의 차이는 미미한 것으로 나타났다. 박리저항성 시험결과를 표4에서 요약하였으며, 그림3과 4에서는 박리저항성 평가 후의 아스팔트혼합물의 피복박리상태를 사진으로 보여주고 있다.

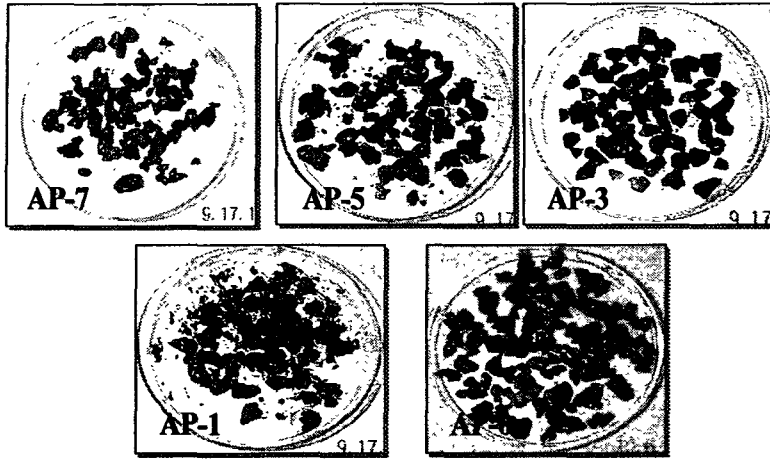
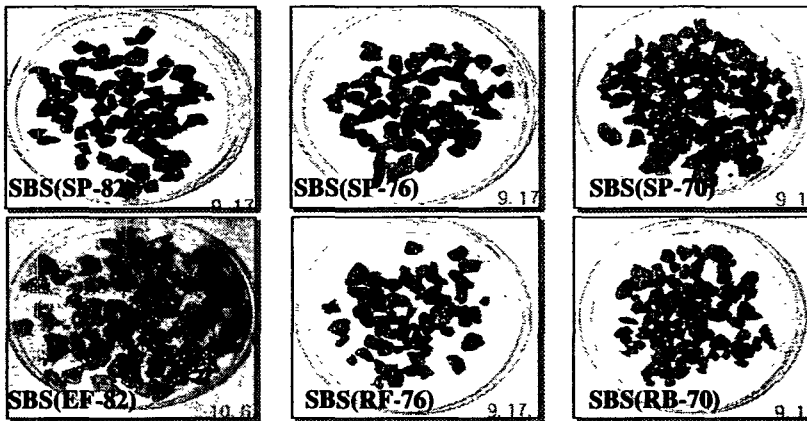


표4. 다양한 개질아스팔트별 박리저항성 평가 결과

시료 종류	수분백리율	시료 종류	수분백리율
SBS(SP-82, 분자결합형)	0 %	SBR	45 %
SBS(SP-76, 분자결합형)	0 %	PE	3 %
SBS(SP-70, 분자결합형)	3 %	EVA	70 %
SBS(EF-82, 단순배합형)	15 %	PB	60 %
SBS(RF-76, 단순배합형)	10 %	Gilsonite	50 %
SBS(RB-70, 단순배합형)	40 %	Fiber (Cellulose)	50 %



<그림3. 분자결합형SBS와 단순배합형SBS개질아스팔트별 박리저항성 시험결과 사진>

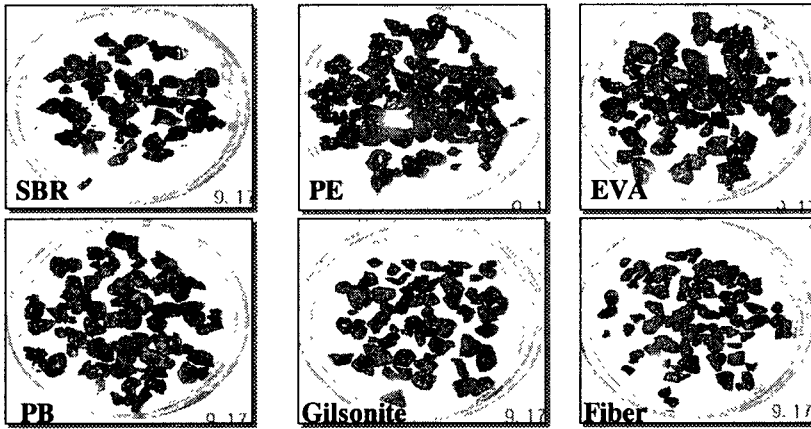


그림4. 타 개질아스팔트 종류별 박리저항성 시험결과 사진

3. 박리저항성과 아스팔트 표면장력 비교

3.1. 아스팔트 표면장력 측정방법

일반적으로 표면장력이라 하면 같은 분자끼리 끌어 당기려는 응집력과 다른 분자와의 서로 끌어 당기려는 부착력의 차이로 발생하는 힘이라 정의할 수 있다. 본 연구에서는 아스팔트 종류에 따른 수분 박리저항성 차이에 대한 원인을 규명하기 위해 각각의 아스팔트에 대해 표면장력을 측정하여 박리저항성과의 연관성을 비교하여 보았다. 본 시험에서는 상온에서 고형상태인 아스팔트의 표면장력을 측정하기 위해 접촉각측정기(Contact Angle Meter)를 사용하였으며, 표면장력 계산식으로는 아스팔트와 같은 소수성물질 측정에 적합한 Lewis Acid-Base Theory를 적용하였다. 그림5에서는 표면장력 측정에 사용된 접촉각측정기 장비와 측정시료들에 대한 사진을 보여주고 있다.

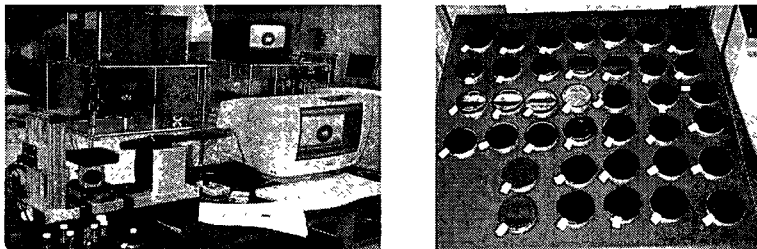


그림5. 접촉각측정기(좌측) 및 시험에 사용된 시료(우측) 사진

3.2. 아스팔트 종류별 표면장력 측정결과

일반아스팔트에 대한 표면장력을 측정한 결과 상온에서 대략 43~50dyne/cm 값을 가지는 것으로



나타났으며, 아스팔트의 침입도 값에 따라 일정한 경향을 나타내고 있다. 즉, 침입도 값이 높을수록 표면장력이 떨어지며, 이는 앞 장에서 설명한 박리저항성과 비교해 볼 때 일관된 경향을 나타냄을 알 수 있다. 다시 말해서 아스팔트의 표면장력이 낮으면 수분에 의한 박리저항성이 좋아지는 것을 알 수 있었으며, 일반아스팔트의 경우 아스팔트의 침입도와 표면장력, 그리고 박리저항성과에는 일정한 경향을 가지고 있음을 알 수 있다. 표5에 일반아스팔트의 표면장력 측정결과를 정리하였으며, 그림5에는 이들 값과 박리저항성과의 관계를 그림으로 나타내었다.

표5. 일반아스팔트 종류별 표면장력 측정 결과

시료 종류	AP-7	AP-5	AP-3	AP-1	AP-0
표면장력, dyne/cm	50.4	49.3	47.9	46.3	43.2

개질아스팔트에 대한 표면장력을 측정된 결과 상온에서 대략 38~51dyne/cm 값을 가지는 것으로 나타났으며, 대부분의 개질아스팔트가 일반아스팔트와 유사하게 42dyne/cm 이상의 표면장력을 갖고 있는 반면에 수분에 대한 박리저항성이 우수한 분자결합형 SBS개질아스팔트의 경우 표면장력이 40dyne/cm 이하로 낮게 나타났다. 따라서 개질아스팔트의 경우에도 표면장력이 낮은 경우 수분에 대한 박리저항성이 다소 우수하다고 하겠다. 예외 사항으로 PE개질아스팔트의 경우 박리저항성은 우수하였으나 아스팔트의 표면장력은 높게 나타났다(46.9 dyne/cm). 표6에 여러 종류의 개질아스팔트 표면장력 측정결과를 정리하였으며, 그림 6에는 이들 값과 박리저항성과의 관계를 그림으로 나타내었다.

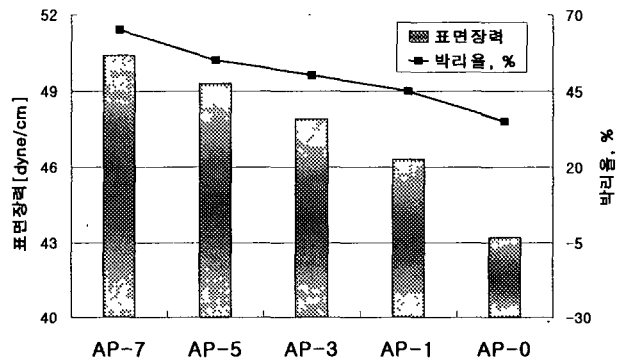


그림5. 일반아스팔트 박리저항성과 표면장력과의 관계

표6. 다양한 개질아스팔트 종류별 표면장력 평가 결과

시료 종류	표면장력, dyne/cm	시료 종류	표면장력, dyne/cm
SBS(SP-82, 분자결합형)	38.1	SBR	46.2
SBS(SP-76, 분자결합형)	38.2	PE	46.9
SBS(SP-70, 분자결합형)	39.1	EVA	46.6
SBS(EF-82, 단순배합형)	45.3	PB	50.6
SBS(RF-76, 단순배합형)	46.1	Gilsonite	45.3
SBS(RB-70, 단순배합형)	46.2	Fiber (Cellulose)	42.1

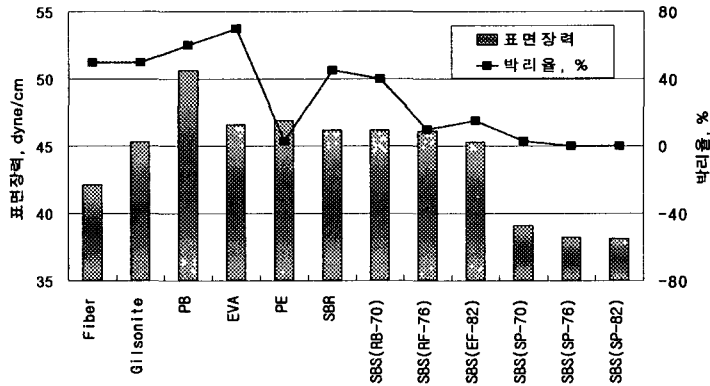


그림 6. 개질아스팔트 박리저항성과 표면장력과의 관계

4. 결 론

본 연구에서는 일반아스팔트 5종류와 개질아스팔트 12종류를 대상으로 수분에 의한 박리저항성을 평가하였고, 또한 아스팔트의 표면장력을 측정하여 박리저항성과의 연관성을 조사하였으며, 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

- ① 일반아스팔트의 경우 침입도가 높을수록 표면장력이 작아지며, 수분에 의한 박리저항성이 더 우수한 것으로 나타났다.
- ② 개질아스팔트의 경우 SBS와 PE개질아스팔트의 박리저항성이 타 개질아스팔트 보다 더 우수 하였으며, 특히 분자결합형의 SBS개질아스팔트가 박리저항성이 매우 우수한 것으로 나타났다.
- ③ SBS개질아스팔트의 경우 SBS함량이 클수록 박리저항성이 다소 우수한 것으로 나타났다.
- ④ 개질아스팔트의 표면장력은 분자결합형SBS개질아스팔트가 제일 작았으며, 나머지 개질아스팔트 들의 표면장력은 큰 차이를 보이지 않았다.

참고문헌

1. Roberts, F.L., P.S. Kandhal and E.R. Brown. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design, and Construction. NAPA Educational Foundation, 2nd Ed., 1996.
2. Kandhal, P.S. Moisture Susceptibility of HMA Mixes : Identification of Problem and Recommended Solutions. NAPA, Quality Improvement Publication. QIP 119, Dec. 1992.
3. Tunicliff, D.G. and R.E. Root. Antistripping- Additives in Asphalt Concrete State-of-the-Art Report. Proceedings, Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 51, 1982.
4. Kandhal, P.S. Field and Laboratory Investigation of Stripping in Asphalt Pavements: State-of-the-Art Report. Transportation Research Record 1454, 1994.
5. Roberts, F.L., C.W. Lubold, and P.S. Kandhal. Water Damage to Asphalt Overlays: Case Histories. Pro. Assoc. of Asphalt Paving Technologists, Volume 58. 1989.