



국내 아스팔트 릴리스 에이전트의 특성 평가

Evaluation of the Characteristics of Asphalt Release Agents

김 부 일*
Kim, Booil

Abstract

Viscosity, adhesion and cohesion of asphalt binder are very important characteristics in asphalt pavement. However, these characteristics can cause some problems such as inaccurate amount of asphalt mixture, reduction of asphalt content and loss of workability during asphalt pavement construction. Asphalt release agent has been used to solve these problems. Diesel oil and vegetable oil are generally used as an asphalt release agent in Korea. However, these agents have been criticized from environmental and binder integrity reasons. Therefore, this study evaluated the characteristics of asphalt release agents including diesel oil, vegetable oil and two emulsion type oils. From the study, it was found that the diesel oil resolved the binder within ten minutes and vegetable oil stripped the binder from mixture within one hour after contacting with asphalt mixture. And also, from the test for estimating the application cycle of asphalt release agent, it appears that diesel oil and vegetable oil should be applied to construction equipments every time in their uses. However, diesel oil and vegetable oil showed a good performance as a lubricant for detaching the asphalt mixtures from the truck bed.

Keywords : asphalt release agent, diesel oil, vegetable oil, emulsion type oils, asphalt stripping

요 지

아스팔트의 점성, 부착성, 점착성 등은 도로포장 재료로서 아스팔트 혼합물이 제 기능을 수행하도록 하는 중요한 특성이 다. 그러나 이러한 특성은 아스팔트 혼합물의 생산, 이동, 포설, 다짐 등의 과정에서 아스팔트가 시공장비에 달라붙는 현상을 유발시켜 이로 인하여 부정확한 아스팔트 혼합물량 유발, 아스팔트 함량 저하, 작업성 저하 등과 같은 문제를 야기한다. 아스팔트 포장 시공중에 발생하는 이러한 문제를 해결하기 위해 아스팔트 릴리스 에이전트(Asphalt Release Agent)가 주로 이용된다. 국내에서는 아스팔트 릴리스 에이전트로서 경험적으로 경유와 식물성 오일인 콩기름이 주로 이용되고 있다. 그러나 경유와 콩기름은 아스팔트를 녹이고 여러 가지 환경적인 문제를 야기한다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 경유와 콩기름 외에 이물질 타입의 아스팔트 릴리스 에이전트 2종에 대한 추가 실내실험을 통해 이들의 아스팔트 릴리스 에이전트로서의 적정성 여부를 파악해보고자 하였다. 연구결과, 경유는 혼합물 운반초기(10분 이내)에 심각한 수준으로 아스팔트를 녹이며, 콩기름의 경우 혼합물과 접촉 약 1시간 후부터 심각한 아스팔트 박리를 발생시킴을 알 수 있었다. 또한 적용 주기를 파악하기 위한 시험결과, 경유와 콩기름은 1번의 도포로 금속판에 부착된 아스팔트를 연속해서 2회 이상 벗겨내는데 실패하였다. 이는 현장에서 아스팔트가 묻어나지 않도록 하기 위해서는 시공장비 사용시 매번 이들을 도포해야 한다는 것을 의미한다. 그러나 경유와 콩기름은 트럭 바닥판과 혼합물 사이의 윤활제로서의 기능은 충분히 수행하는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 아스팔트 릴리스 에이전트, 경유, 식물성 오일, 아스팔트 박리, 아스팔트 부착

* 정희원 · 한국건설기술연구원 도로연구부 선임연구원



1. 서론

아스팔트의 점성, 부착성, 점착성 등과 같은 특성은 차량 하중이나 환경적인 영향으로부터 아스팔트 포장에 제 기능을 유지할 수 있도록 하는 중요한 재료적 특성이다. 그러나 이러한 아스팔트의 특성은 아스팔트 혼합물의 생산, 이동, 포설, 다짐 등의 과정에서 많은 문제들을 야기한다. 트럭, 페이버, 롤러 등과 같은 시공장비에서부터 삽과 같은 단순한 시공장비까지 아스팔트가 직접 닿는 부분은 아스팔트와의 온도 차이로 인해 아스팔트가 달라붙는 현상이 발생한다. 이러한 현상은 아스팔트 포장 시공과정에서 부정확한 아스팔트 혼합물량 유발, 아스팔트 함량 저하, 아스팔트 혼합물 재료 분리에 의한 포트홀 발생, 작업성 저하 등과 같은 문제를 일으킬 수 있다.

아스팔트 포장 시공중에 발생하는 이러한 문제를 해결하기 위해 아스팔트 릴리스 에이전트(Asphalt Release Agent, 아스팔트 부착 방지제)로도 불리나 아직까지 정해진 명칭이 없으므로 본 연구에서는 아스팔트 릴리스 에이전트로 칭함)가 널리 이용되어 왔다. 아스팔트 릴리스 에이전트는 주요 성분에 따라 석유계 오일(petroleum oil), 지방계 오일(fatty oil), 비오일계(non-oil based agents)로 구분할 수 있다(Bing Tang, 2002). 석유계 오일의 대표적인 제품은 경유와 등유 등이 있으며, 지방계 오일은 콩기름 등 식물성 오일이 주로 이용된다. 그러나 석유계 오일은 아스팔트를 매우 빠른 시간안에 녹일 뿐만 아니라 여러 가지 환경적인 문제를 야기한다(Bing Tang 등, 2001). 콩기름 등 지방계 오일은 이러한 문제에서 비교적 자유롭다고 알려져 있으나, 다른 종류의 아스팔트 릴리스 에이전트에 비해 비교적 높은 가격이 단점으로 지적되어 왔다.

현재까지 국내에는 다양한 아스팔트 릴리스 에이전트가 소개되어 있지 않을뿐만 아니라, 아스팔트 릴리스 에이전트에 대한 가이드라인조차 없다. 이로 인해 국내에서는 경험적으로 경유와 콩기름이 주로 이용되고 있다. 그러나 경유와 콩기름은 아스팔트를 녹

이고 여러 가지 환경적인 문제를 야기한다고만 알려져 있을 뿐, 아스팔트 릴리스 에이전트로서의 적절성에 대한 구체적인 연구가 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 경유와 콩기름에 대한 아스팔트 릴리스 에이전트로서의 적절성 여부를 파악해보고자 이멸전 타입의 아스팔트 릴리스 에이전트 2종을 추가로 선정하여 비교·평가하였다. 실험방법은 국내에서 적용할 수 있는 방법이 아직까지 개발되어 있지 않기에 미국 텍사스 교통국(Texas Department of Transportation) 방법을 국내 실정에 맞게 수정하여 이용하였다.

2. 아스팔트 릴리스 에이전트

국외에서는 매우 다양한 아스팔트 릴리스 에이전트가 개발되어 이미 오래 전부터 상용화되고 있다. 이들 각각은 제품 개발과 관련해서 대부분 특허를 가지고 있다. 따라서 이들을 어떤 방법으로 제조하고 각각이 어떤 특성을 갖고 있는지를 명확히 파악하기는 어렵다. 다만 본 연구에서는 국외에서 개발되어 상용화되어 있는 제품들을 국내에 소개한다는 의미에서 각각의 제조사에서 제시한 제품 특성을 포함하여 표 1과 같이 정리하였다.

3. 시험 재료

국내에서 주로 이용되는 아스팔트 릴리스 에이전트인 경유와 콩기름을 포함하여 이들의 아스팔트 릴리스 에이전트로서의 적정성을 비교·평가하기 위해 이멸전(emulsion) 타입의 아스팔트 릴리스 에이전트 2종을 시험 재료로 사용하였다. 이들은 모두 식물성 오일이 첨가된 이멸전 타입으로, 고농축 혼합형과 저농축 혼합형이 이용되었다. 이 중에서 고농축 혼합형은 주로 고점도 개질아스팔트에 이용되며, 저농축 혼합형은 일반아스팔트에 이용된다. 아스팔트 바인



표 1. 국외에서 상용화된 아스팔트 릴리스 에이전트

Brand Name	Manufacturer	Color	Odor	Specific Gravity	Boiling Point(°F)	Freezing Point(°F)	Flash Point(°F)	pH
BLACK MAGIC	Chemmark	White to Yellow	Slight	0.990	196	32	N/A	-
Asphalt Release #090	Tomorrow	Clear	Faint Ammonia	-	-	-	N/A	7-9
Asphalt Release Agent	ArroChem	Clear Red	None	-	-	-	N/A	12.0
BEAN·e·doo	Franmar Chem.	Colorless	Light	-	-	-	425	6.65
PURE EZ RELEASE	TOTAL SOLUTIONS	Colorless	Soy Scent	0.890	-	-	200	-
Asphalt Release Freeze Free	ZEP	Opaque	Mild	1.010	-	-	N/A	8.0
ESAR 825	2V	Colorless	Citrus	1.025	220	-	N/A	8.5
0090 ReleaseAll	Tuff-Act	Colorless	Faint Ammonia	1.005	212	-	N/A	7-9
Asphalt Release	NOCO	Clear Amber	Slight Solvent	-	-	-	N/A	7.5-8.5
Asphalt Release Oil	MARYN	Slightly Cloudy	Mild Petroleum	0.830	-	-	180	-
Metal Slide	CHEMCO	Clear Amber	Mild Odor	1.012	250	-	N/A	8.5-9.5
EnviroLogic	TERRESOLVE	Golden	Mild Odor	0.920	-	-	400	-

더는 바인더 자체의 점도 효과를 비교·평가할 수 있도록 일반아스팔트와 고점도 특성을 갖는 SBS가 첨가된 개질아스팔트를 이용하였다. 따라서 표 2와 같

표 2. 사용된 아스팔트 릴리스 에이전트 및 아스팔트 바인더

Material	Type	Note
Asphalt release agent	Emulsion(고농축 혼합형)	A
	Emulsion(저농축 혼합형)	B
	콩기름(Vegetable oil)	C
	경유(Diesel)	D
Asphalt binder	일반아스팔트	PG64-18
	폴리머 개질 아스팔트	PG76-22

은 재료를 이용한 총 8가지의 (아스팔트 릴리스 에이전트 4종 (A, B, C, D)×혼합물 2종 (일반 및 개질 아스팔트))의 시험조건이 이용되었다. 한편 아스팔트 릴리스 에이전트 4종에 대한 25℃와 80℃에서의 점도 시험결과는 표 3과 같다. 본 연구에서는 아스팔트 릴리스 에이전트의 점도 측정을 위해 저점도용 스

표 3. 아스팔트 릴리스 에이전트 점도 특성

아스팔트 릴리스 에이전트	고농축 혼합용(A)	저농축 혼합용(B)	콩기름 (C)	경유 (D)
점도(cP) @25℃	445	435	65	15
점도(cP) @80℃	355	345	20	10



핀들을 사용한 회전점도측정장비를 이용하였다. 시험결과, 이멀전 타입의 아스팔트 릴리스 에이전트는 공기름과 경유에 비해 점도가 매우 높음을 알 수 있으며, 이와 같은 결과가 혼합물에 어떤 영향을 미치는지는 본 논문의 시험결과 분석에서 기술한다.

4. 시험방법

총 8가지의 시험조건 각각에 대해 아스팔트 박리 시험, 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험 및 아스팔트 부착 시험을 수행하였다. 아스팔트 박리 시험은 아스팔트 릴리스 에이전트에 의해 혼합물 내의 아스팔트가 녹아 골재로부터 박리되는 현상을 측정하기 위한 시험이다. 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험은 아스팔트 혼합물 포설 시, 트럭 바닥판 위에 놓여 있는 혼합물이 미끄러져 내려올 때 아스팔트 혼합물이 트럭 바닥판에 묻어나는 정도를 측정하기 위한 시험이다. 또한 아스팔트 부착 시험은 트럭 바닥판, 로울러, 삽 등 시공장비에 아스팔트가 달라붙는 현상을 모사하기 위한 시험이다. 시험방법은 텍사스 교통국의 시험방법 Tex-239-F에 근거하였으며, 각각의 시험방법은 아래와 같다(Texas DOT, 2006).

(1) 아스팔트 박리 시험

혼합물 내에서 아스팔트는 골재를 결합시켜주며 물의 침투를 막고 미끄럼 저항성을 증가시키는 등 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 경유와 같은 석유계 아스팔트 릴리스 에이전트는 아스팔트 바인더를 녹여서 혼합물의 성능을 심각하게 저하시킬 수 있다. 따라서 아스팔트 릴리스 에이전트에 의해 혼합물 내의 아스팔트가 어느 정도 녹는지를 평가해볼 필요가 있으며, 이를 위해 아래와 같은 시험 절차로 아스팔트 박리 시험을 수행하였다.

① 혼합물 50g을 오븐에서 143℃로 45~60분간 가열한다.

- ② 50g의 시료를 0.5리터의 유리 비커에 담는다.
- ③ 약 100ml의 아스팔트 릴리스 에이전트 원액을 시료가 담긴 유리 비커에 붓는다.
- ④ 박리 여부의 판별을 위해 비어 있는 다른 유리 비커에 같은 양의 아스팔트 릴리스 에이전트 원액을 붓는다.
- ⑤ 시료가 담긴 비커의 뚜껑을 덮고 168±2시간(약 7일)동안 실온에서 방치한다.
- ⑥ 시험 시간이 경과한 후에 아스팔트 릴리스 에이전트의 변색 여부를 원액과 비교한다. 시료가 담긴 비커의 아스팔트 릴리스 에이전트를 다른 용기에 따르고 혼합물의 박리 여부를 눈으로 판별한다.
- ⑦ 6항에서의 결과를 표 4와 같은 기준으로 판정한다.

표 4. 아스팔트 혼합물의 바인더 박리 판정 기준

Condition	Definition
박리 없음	박리가 없거나 색깔 변화가 없는 상태
경미한 박리 발생	아스팔트 릴리스 에이전트의 변색
보통의 박리 발생	아스팔트 릴리스 에이전트의 변색과 잔입자의 박리
심각한 박리 발생	아스팔트 릴리스 에이전트 변색과 잔입자 및 굵은 입자 박리

(2) 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험

아스팔트의 점성 특성으로 인해 아스팔트 혼합물 포설 시 트럭 바닥에 아스팔트 혼합물이 남게 되며, 이로 인해 불충분한 혼합물량이 유발될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현장에서 아스팔트 릴리스 에이전트를 사용하게 되며, 이를 모사하기 위한 실내 시험 방법으로 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험을 수행하였다. 본 시험방법의 절차는 그림 1과 같다.

- ① 혼합물 1,600g을 오븐에서 143℃로 45~60분간 가열한다.
- ② 10kg 모래를 채운 중량버킷을 드라이 오븐에 넣고 143℃에서 45~60분간 가열한다.
- ③ 아스팔트 릴리스 에이전트를 금속판에 골고루 살



포한다(그림 1. a).

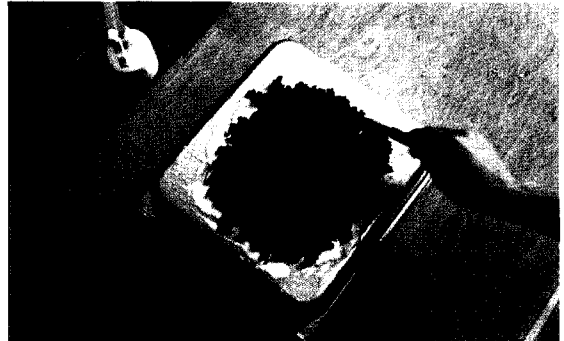
- ④ 아스팔트 릴리스 에이전트가 살포된 금속판을 5분간 방치한다.
- ⑤ 금속판의 무게를 0.1g 단위까지 계량한 후 기록한다.
- ⑥ 500 ± 10 g의 시료를 금속판 위에 펼쳐 놓는다(그림 1. b).
- ⑦ 왁스 처리된 종이로 혼합물을 덮는다.
- ⑧ 모래를 채운 중량버킷을 혼합물의 왁스종이 위에

놓는다(그림 1. c).

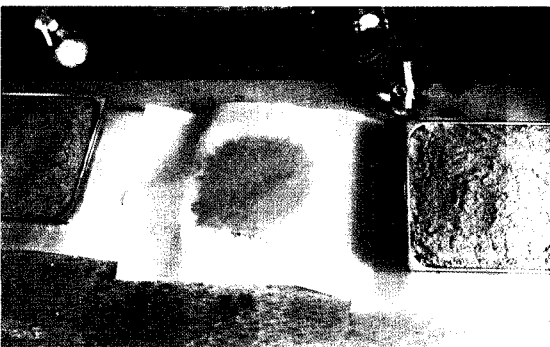
- ⑨ 혼합물과 버킷을 1시간 \pm 5분간 방치한 후 버킷을 혼합물에서 치운다.
- ⑩ 철제판을 45°로 기울여 세우고 탁자에 가볍게 세 번 쳐서 혼합물을 철제판으로부터 느슨한 상태로 만들어 미끄러뜨린다(그림 1. d).
- ⑪ 금속판을 0.1g 단위까지 계량한 후 기록한다.
- ⑫ 6~10 항까지를 아스팔트 릴리스 에이전트를 추가 살포하지 않고 2회 더 실시한다.



(a) 아스팔트 릴리스 에이전트 살포



(b) 아스팔트 혼합물 포설



(c) 트럭 안에서의 아스팔트 혼합물 자체 중량을 모사하기 위한 모래를 채운 중량버킷



(d) 아스팔트 혼합물 슬라이딩

그림 1. 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험

(3) 아스팔트 부착 시험

로울러 삼 등 시공장비에 아스팔트 혼합물이 달라붙게 되면 작업성이 저하된다. 이와 같은 시공장비에 아스팔트가 달라붙는 현상을 모사하기 위해 본 연구에서는 아스팔트 부착 시험을 수행하였으며, 그 절차

는 그림 2와 같다.

- ① 아스팔트를 1리터의 용기에 담아 오븐에서 143℃로 45 \pm 5분간 가열한다.
- ② 금속철판 표면에 아스팔트 릴리스 에이전트를 골고루 살포한다.



- ③ 아스팔트 릴리스 에이전트가 살포된 금속판을 5분간 방치한다.
- ④ 철판의 무게를 0.1g 단위까지 계량한 후 기록한다.
- ⑤ 오븐에서 아스팔트를 꺼내어 30 ± 5 초간 풀고루 쉰다.
- ⑥ 20 ± 2 g의 아스팔트를 철판 위에 쏟는다(그림 2. a). 아스팔트가 담긴 용기는 다시 드라이 오븐에 넣고 가열한다.
- ⑦ 아스팔트를 약 5분간 식힌다. 주걱을 이용해서 철판 위의 아스팔트 가장자리 한 곳을 밀어올리고 한 번에 쪽 밀어서 나머지 부분의 제거를 시도한다(그림 2. b).
- ⑧ 철판의 무게를 0.1g 단위까지 계량한 후 기록한다.
- ⑨ 6항에서처럼 철판의 같은 곳에 20 ± 2 g의 아스팔트를 철판 위에 다시 붓고 아스팔트가 담긴 용기는 다시 드라이 오븐에 넣는다.

- ⑩ 7항에서와 같이 아스팔트를 약 5분간 식힌다.
- ⑪ 철판의 무게를 0.1g 단위까지 계량한 후 기록한다.
- ⑫ 9~11항까지를 3회 반복 실시하고 중간에 실패하면 시험을 중단한다.

5. 시험 결과 및 분석

5.1 아스팔트 박리 시험

아스팔트 박리 시험결과는 표 5와 같다. 표에서 보는 바와 같이 일반아스팔트와 개질아스팔트 혼합물 모두에서 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B(식물성 오일이 첨가된 이멸전 타입)는 7일이 경과한 후에도 아스팔트 혼합물의 박리 현상이 나타나지 않았다. 그러나 아스팔트 릴리스 에이전트 C(콩기름)는 보통의 박리가 발생하였으며, 아스팔트 릴리스 에이전트 D(경유)는 심각한 박리가 발생하였다.

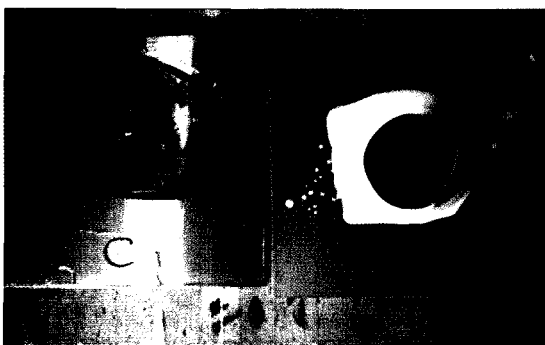
표 5. 아스팔트 박리 시험결과

시험 재료		시험 결과
아스팔트 릴리스 에이전트	혼합물	
A	일반아스팔트	박리 없음
B	일반아스팔트	박리 없음
C	일반아스팔트	보통의 박리 발생
D	일반아스팔트	심각한 박리 발생
A	개질아스팔트	박리 없음
B	개질아스팔트	박리 없음
C	개질아스팔트	보통의 박리 발생
D	개질아스팔트	심각한 박리 발생

이러한 박리 현상을 시간대 별로 살펴보면 그림 3, 4, 5와 같다. 그림 3은 아스팔트 릴리스 에이전트에 일반아스팔트 혼합물을 넣고 10분이 경과한 후의 박리현상을 보여주고 있다. 각각의 그림에서 오른쪽 비커는 비교를 위해 혼합물을 담지 않은 상태이며, 왼



(a) 아스팔트 살포



(b) 아스팔트 바인더 제거

그림 2. 아스팔트 부착 시험

.....



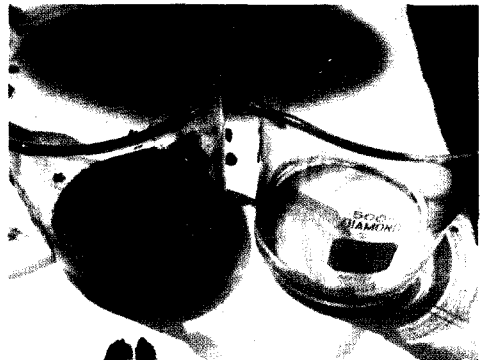
(a) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 A 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우



(b) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 B 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우

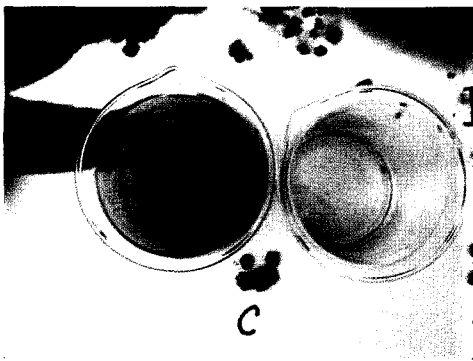


(c) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 C 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우

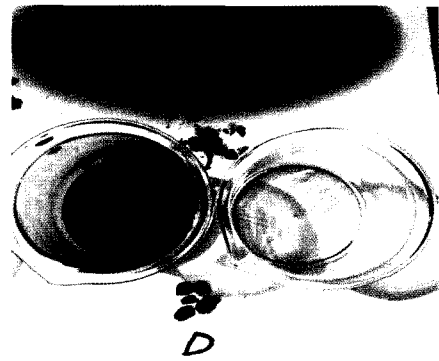


(d) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 D 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우

그림 3. 아스팔트 릴리스 에이전트에 의한 일반아스팔트의 박리 현상(10분 경과)

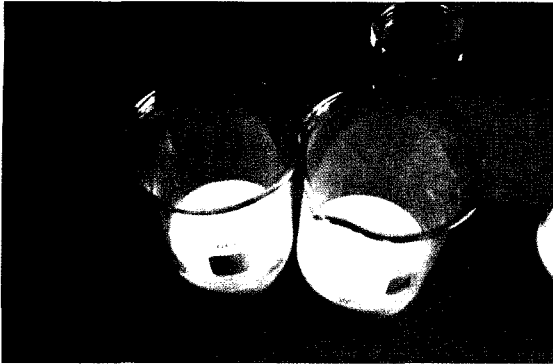


(a) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 C 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(1시간 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우



(b) 왼쪽 비커: 아스팔트 릴리스 에이전트 D 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(1시간 경과),
오른쪽 비커: 혼합물을 넣지 않은 경우

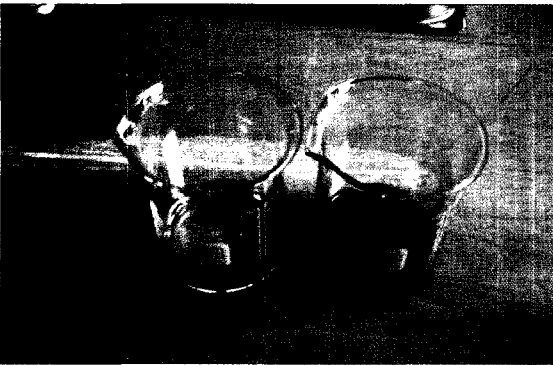
그림 4. 아스팔트 릴리스 에이전트 C와 D에 의한 일반아스팔트의 박리 현상(1시간 경과)



(a) 왼쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우
오른쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 A 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(7일경과)



(b) 왼쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우
오른쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 B 속에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(7일경과)



(c) 왼쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우
오른쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 C에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(7일경과)



(d) 왼쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우
오른쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 D에 일반아스팔트 혼합물을 넣은 경우(7일경과)

그림 5. 아스팔트 릴리스 에이전트에 의한 일반아스팔트의 박리 현상(7일 경과)

쪽 비커는 혼합물을 담고 일정 시간이 경과한 모습이다. 그림에서 보는 바와 같이 아스팔트 릴리스 에이전트 A, B, C(이멸전 타입과 콩기름)는 아스팔트 박리가 거의 없는 반면, 경유는 10분 동안 상당한 박리가 발생하였음을 알 수 있다. 따라서 경유를 아스팔트 릴리스 에이전트로 사용할 경우, 아스팔트 혼합물 운반과정에서 이미 상당한 양의 아스팔트가 녹게 될 것으로 보이며, 이로 인한 여러 가지 문제점 즉, 부정확한 아스팔트 함량, 트럭 바닥판에 아스팔트 부착, 아스팔트 혼합물의 재료 분리로 인해 포트홀(pothole) 발생 등을 야기할 것으로 판단된다. 그러나 식물성 오일이 첨가된 이멸전 타입이나 콩기름과

같은 아스팔트 릴리스 에이전트는 운반 초기 아스팔트가 녹는 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

그림 4는 1시간이 경과한 후의 박리 정도를 보여주는데, 아스팔트 릴리스 에이전트 C(콩기름) 속의 아스팔트는 상당한 정도의 박리가 발생하였으며, D(경유)는 매우 심한 박리가 발생하였음을 보여준다. 따라서 운반거리가 긴 경우, 콩기름 역시 운반 중에 아스팔트가 녹는 문제가 발생할 수 있음을 알 수 있으며, 경유는 트럭 바닥판에 깔려있는 대부분의 아스팔트를 녹일수도 있음을 보여주고 있다.

그림 5는 아스팔트 릴리스 에이전트 속에 혼합물을 7일동안 방치한 후의 박리 현상을 보여주고 있다.

.....

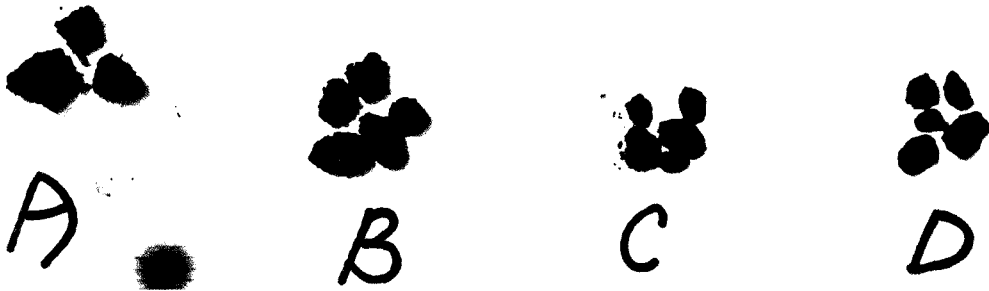


그림 6. 아스팔트 릴리스 에이전트 안에서 7일 경과 후의 각 아스팔트 혼합물 입자 상태



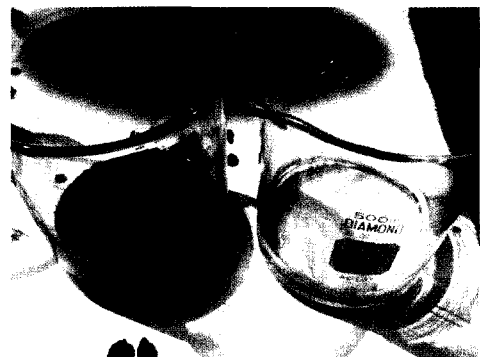
(a) 왼쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 A 속에 개질아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우



(b) 왼쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 B 속에 개질아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우



(c) 왼쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 C 속에 개질아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우



(d) 왼쪽 비커 : 아스팔트 릴리스 에이전트 D 속에 개질아스팔트 혼합물을 넣은 경우(10분 경과),
오른쪽 비커 : 혼합물을 넣지 않은 경우

그림 7. 아스팔트 릴리스 에이전트에 의한 개질아스팔트의 박리 현상(10분 경과)

시험결과, 아스팔트 릴리스 에이전트 C(콩기름)는 상당한 정도의 박리가 발생하였으며, D(경유)는 매우 심한 박리가 발생하였다. 그러나 A와 B의 경우,

7일 동안 아스팔트 혼합물을 넣어 두었음에도 불구하고 아스팔트가 거의 녹지 않았음을 확인할 수 있다. 따라서 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B의 경

우, 아스팔트 혼합물 운반, 포설 및 시공 중에 아스팔트를 녹이는 문제를 일으키지 않을 것으로 판단된다.

그림 6은 아스팔트 릴리스 에이전트 속에서 7일 경과 후의 아스팔트 혼합물 입자를 보여주고 있다. 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B는 잔골재 입자가 아직까지 그대로 붙어 있음을 볼 수 있다. C의 경우, 잔골재 입자는 대부분 박리되었으나 아직까지 아스팔트는 굵은 골재에 그대로 부착되어 있음을 알 수 있다. 그러나 D의 경우, 잔골재 입자가 대부분 박리되었을 뿐만 아니라 굵은 골재를 피복하고 있던 아스팔트 역시 대부분 박리되어 골재 표면을 드러내 보이고 있다. 따라서 본 실험을 통해 경유는 아스팔트 릴리스 에이전트로서 매우 부적절함을 확인할 수 있다.

그림 7은 아스팔트 릴리스 에이전트 안에 개질아스팔트 혼합물을 담고 10분이 경과한 모습이다. 그림에서 보는 바와 같이 아스팔트 릴리스 에이전트에 의한 개질아스팔트 혼합물의 박리 정도는 일반아스팔트 혼합물과 매우 유사함을 알 수 있다. 따라서 개질아스팔트 혼합물에 대한 시간대별 박리 현상은 생략하고 그 결과만을 표 5에 제시하였다.

5.2 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험

아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험은 아스팔트 혼합물 포설 시, 트럭 바닥판 위에 놓여 있는 아스팔트 혼합물이 미끄러져 내려올 때 아스팔트 혼합물이 트럭 바닥판에 묻어나는 정도를 측정하기 위한 시험이다. 또한 아스팔트 릴리스 에이전트의 살포주기를 알아볼 수 있는 시험 방법이다. 총 8가지 시험조건에 대한 시험결과는 표 6, 7과 같다. 표 6, 7에서 보는 바와 같이 일반아스팔트와 개질아스팔트에 대해서 시험에 사용된 모든 아스팔트 릴리스 에이전트가 1회 살포로서 아스팔트 혼합물을 3차례 슬라이딩시키는 데는 문제가 없는 것으로 나타났다. 따라서 경유와 콩기름을 포함해 본 연구에 사용된 아스팔트 릴리스 에이전트들은 트럭 바닥판과 혼합물 사이의 윤활제로서의 기능은 충분히 수행하는 것으로 판단된다.

표 6. 일반아스팔트 혼합물의 슬라이딩 시험결과

구 분	무게(g)			
	A-일반 아스팔트	B-일반 아스팔트	C-일반 아스팔트	D-일반 아스팔트
금속판	692.0	665.0	573.0	711.0
살포된 AP 릴리스 에이전트	64.0	65.0	23.0	5.0
1차 혼합물	498	500	500	498
1차 슬라이딩 후 금속판	715.5	690.2	586.3	713.7
2차 혼합물	500	506	500	498
2차 슬라이딩 후 금속판	704.3	678.2	579.2	712.1
3차 혼합물	498.2	501.6	505.4	502.8
3차 슬라이딩 후 금속판	698.5	672.5	577.5	711.8

표 7. 개질아스팔트 혼합물의 슬라이딩 시험결과

구 분	무게(g)			
	A-개질 아스팔트	B-개질 아스팔트	C-개질 아스팔트	D-개질 아스팔트
금속판	691.5	665.4	574.0	711.4
살포된 AP 릴리스 에이전트	20.2	20.3	20.0	11.4
1차 혼합물	500.3	502.3	503.1	500.4
1차 슬라이딩 후 금속판	699.7	674.3	584.4	717.1
2차 혼합물	499.3	499.4	500.9	500.6
2차 슬라이딩 후 금속판	694.4	669.0	580.1	713.3
3차 혼합물	501.6	498.5	497.9	502.6
3차 슬라이딩 후 금속판	693.4	666.6	579.8	713.4

한편, 아스팔트 혼합물이 금속판을 따라 미끄러져 내려올 때, 아스팔트 릴리스 에이전트는 아스팔트 혼합물에 일부 쓸려져 내려가고 나머지가 잔류하게 된다. 이때의 잔류량(슬라이딩 시험 후 금속판에 잔류되어 있는 아스팔트 릴리스 에이전트의 무게)을 측정함으로써 혼합물 운반 시 아스팔트 릴리스 에이전

트 살포 주기를 추정해 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험결과를 토대로 아스팔트 릴리스 에이전트의 잔류율을 그림 8, 9에서와 같이 구하였다. 그림 8에서 보는 바와 같이 일반아스팔트 혼합물을 슬라이딩할 경우, 초기 잔류율(1차 슬라이딩 후)은 아스팔트 릴리스 에이전트 C와 D가 A와 B에 비하여 현저히 높음을 알 수 있다. 이러한 차이는 표 3과 같은 아스팔트 릴리스 에이전트들 간의 점도 차이에 기인한 것으로 판단된다. 표 3에서 보여주는 것처럼, 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B는 25℃에서 400cP 이상, 80℃에서 300cP 이상의 점도값을 보이는 반면, C와 D는 이보다 훨씬 낮은 25℃에서 65cP와 15cP, 80℃에서 20cP와 10cP의 점도값을 각각 보여주고 있다. 이와 같은 점도 특성으로 인해 초기 슬라이딩에 의해 점도가 낮은

C와 D가 A와 B보다 적게 쓸려 내려간 것으로 판단된다. 그러나 C와 D는 2차 슬라이딩에 의해 꾸준히 소모되어 2차 슬라이딩 후 A, B, C, D가 거의 같은 잔류율을 보이고 있으며, 3차 슬라이딩 이후에도 4가지 아스팔트 릴리스 에이전트가 모두 10% 정도의 잔류율을 보이고 있다. 따라서 이러한 추세라면 본 연구에 사용된 아스팔트 릴리스 에이전트 4종은 모두 1회의 아스팔트 릴리스 에이전트 살포로서 약 4회의 혼합물 운반이 가능할 것으로 판단된다.

그림 9는 개질아스팔트에 의한 아스팔트 릴리스 에이전트의 잔류율을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 아스팔트 릴리스 에이전트 C와 D는 그림 8과 비교할 때 거의 유사한 잔류율을 보여주고 있다. 따라서 쾡기름이나 경유의 경우 아스팔트 바인더의 점도 특성에 크게 영향을 받지 않는 것으로 판단된다. 그러나 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B는 개질아스팔트 혼합물이 3차례 슬라이딩한 이후에 10% 이하의 잔류율을 보이고 있어 혼합물 운반을 위해서는 추가적인 아스팔트 릴리스 에이전트 살포가 필요하다. 이와 같은 결과는 개질바인더의 높은 점성과 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B의 높은 점성 때문인 것으로 판단된다. 따라서 점도가 높은 A나 B와 같은 아스팔트 릴리스 에이전트를 사용할 경우에는 아스팔트 바인더의 점도 특성에 유의하여 사용 빈도를 결정해야 할 것으로 판단된다.

그림 10은 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험이 완료된 후의 금속판에 묻어 있는 아스팔트 바인더를 보여

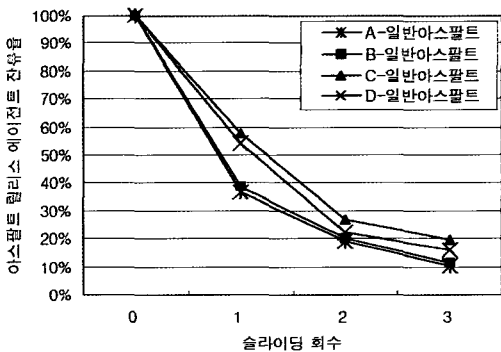


그림 8. 아스팔트 혼합물 슬라이딩에 의한 아스팔트 릴리스 에이전트 잔류율 (일반아스팔트)

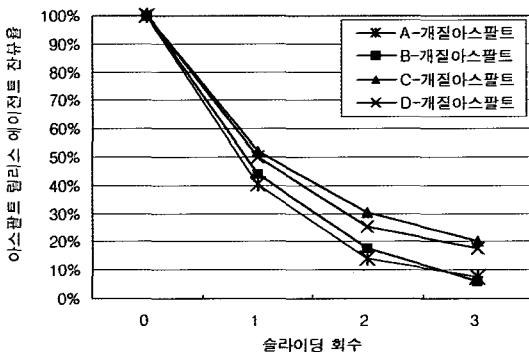


그림 9. 아스팔트 혼합물 슬라이딩에 의한 아스팔트 릴리스 에이전트 잔류율 (개질아스팔트)



그림 10. 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험 후 금속판에 묻어 있는 아스팔트 바인더



주고 있다. 그림에서 보듯이, 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B는 금속판과 아스팔트 바인더 사이의 윤활제 역할을 잘 수행하였을 뿐만 아니라 시험 후 바인더가 거의 묻어 있지 않음을 확인할 수 있었다. 이에 반해, C와 D는 총 3회에 걸친 아스팔트 혼합물의 슬라이딩에는 문제가 없으나 그림에서 보듯이 시험 도중 아스팔트 일부를 녹이고 있어 3회 이상 사용할 경우 아스팔트 릴리스 에이전트로서의 윤활제 역할이 불충분해질 수 있음을 알 수 있다. 특히 C(경유, 그림 10의 왼쪽에서 세 번째 금속판)의 경우 5.1절의 박리 시험결과에서와 같이 많은 양의 아스팔트가 녹아 금속판에 가장 많은 양의 아스팔트가 묻어있음을 확인할 수 있다. 따라서 경유가 아스팔트 릴리스 에이전트로서 부적절함을 다시 한 번 확인한 결과라 하겠다. 이러한 결과는 다음 절에서 기술할 아스팔트 부착 시험에서 좀 더 명확히 밝혀진다.

5.3 아스팔트 부착 시험

아스팔트 부착 시험은 트럭 바닥판, 롤러, 삽 등 시공 장비에 아스팔트가 달라붙는 현상을 아스팔트 릴리스 에이전트가 어느 정도 방지할 수 있는지를 모사하기 위한 시험이다. 부착 시험결과는 표 8, 9와 같다. 표에서 보는 바와 같이 일반아스팔트를 대상으로 아스팔트 릴리스 에이전트 A와 B는 3차례의 살포/벗김이 가능하였다. 그러나 그림 11에서 보는 바와 같이 아스팔트 릴리스 에이전트 C는 2차 실험에서, D는 1차 실험에서 아스팔트를 금속판에서 벗겨내는데 실패하였다. 따라서 아스팔트 릴리스 에이전트로서 경유와 콩기름은 아스팔트 부착을 방지하는데 한계가 있음을 보여주었다.

또한 개질아스팔트를 대상으로 한 시험에서는 본 연구에 사용된 4가지 아스팔트 릴리스 에이전트가 모두 3차례의 살포/벗김 반복 실험을 만족하였다. 일반아스팔트와 개질아스팔트의 이러한 차이는 아스팔트의 점착력에 기인한 것으로, 개질아스팔트의 경우 아스팔트와 금속판과의 부착력보다 아스팔트 내의

점착력이 높아 총 3차례의 반복 실험에서 모두 통과한 것으로 판단된다.

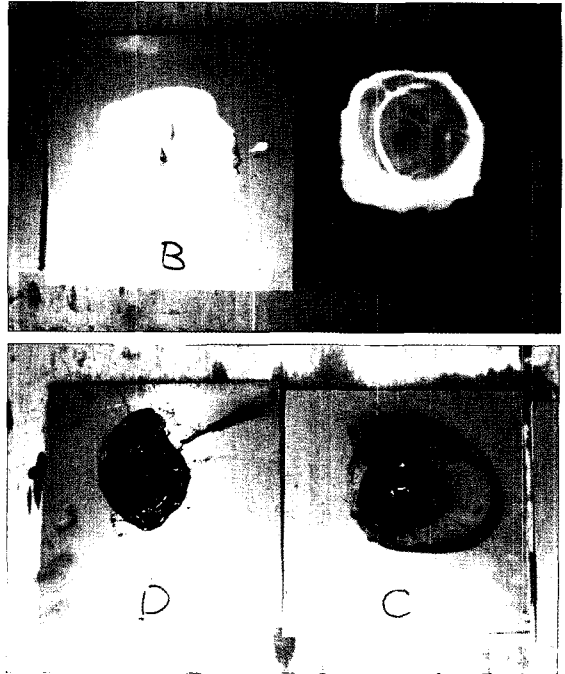


그림 11. 아스팔트 부착 시험 후 금속판에 묻어 있는 아스팔트

표 8. 일반아스팔트의 부착 시험결과

구 분	무게 (g)			
	A-일반 아스팔트	B-일반 아스팔트	C-일반 아스팔트	D-일반 아스팔트
금속판	852.3	1089.8	836.6	829.3
살포된 AP 릴리스 에이전트	15.0	14.9	15.0	9.0
1차 아스팔트	21.5	18.8	25.7	18.0
1차 벗김 후 금속판	863.9	1101.3	850.0	실패
2차 아스팔트	22.9	18.3	19.4	×
2차 벗김 후 금속판	862.0	1099.3	실패	×
3차 아스팔트	18.3	27.8	×	×
3차 벗김 후 금속판	860.4	1096.5	×	×



표 9. 개질아스팔트의 부착 시험결과

구 분	무게(g)			
	A-개질 아스팔트	B-개질 아스팔트	C-개질 아스팔트	D-개질 아스팔트
금속판	835.8	851.2	828.5	1087.3
살포된 AP 릴리스 에이전트	20	20	19.9	11
1차 아스팔트	24.9	19.1	22.0	23.0
1차 벗김 후 금속판	851.5	867.2	841.6	1094.2
2차 아스팔트	18.3	24.0	20.1	17.9
2차 벗김 후 금속판	850.3	865.9	840.1	1093.5
3차 아스팔트	27.0	19.0	24.3	23.7
3차 벗김 후 금속판	849.6	865.8	836.3	1091.5

6. 결 론

본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 생산, 이동, 포설, 다짐 등의 과정에서 발생하는 아스팔트 부착 현상을 방지하기 위해 사용되는 아스팔트 릴리스 에이전트의 특성 및 유해성을 분석하여 그 적용성을 확인하였다. 이를 위해 경유, 콩기름 및 이멀전 타입의 아스팔트 릴리스 에이전트 2종에 대한 실내실험을 수행하였으며, 그 결과로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 국내에서는 아스팔트 릴리스 에이전트에 대한 품질시험 방법 및 기준이 없는 상태이다. 이에 본 연구에서는 아스팔트 바인더의 박리시험 및 부착시험과 아스팔트 혼합물 슬라이딩 시험법을 적용하여 비교적 타당한 결론을 얻었다. 따라서 이와 같은 방법을 잘 활용한다면 국내 실정에 맞는 아스팔트 릴리스 에이전트에 대한 품질시험 방법 및 기준 개발이 가능할 것으로 판단된다.
- (2) 일반 및 개질아스팔트 박리 시험결과, 이멀전 타

입의 아스팔트 릴리스 에이전트 2종류는 박리가 거의 없었다. 그러나 경유는 10분 만에 피복 아스팔트를 녹이기 시작하여 1시간 후에 대부분 박리시켰으며, 식물성 오일의 일종인 콩기름도 1시간 후에는 상당한 박리를 유발하였다. 따라서 이 두 가지는 아스팔트 릴리스 에이전트로서 부적절한 것으로 판단되었다.

- (3) 트럭 적재함에서 아스팔트 혼합물이 미끄러져 내려올 때 바닥판에 묻어나는 정도를 슬라이딩 시험으로 측정하였다. 시험결과, 본 연구에 사용된 아스팔트 릴리스 에이전트 4종 모두 일반 및 개질아스팔트에서 모두 1회의 살포로서 약 4회의 혼합물 운반이 가능할 것으로 판단되었다.
- (4) 롤러 등의 시공장비에 아스팔트가 달라붙는 현상을 모사한 아스팔트 부착 시험 결과, 경유와 콩기름은 이멀전 타입에 비해 효능이 1/3 정도이어서 매번 사용 시 살포가 필요하였다. 이들이 아스팔트를 용해시켜 골재로부터 박리를 유발하는 점을 고려하면 경유나 콩기름의 사용은 아스팔트 혼합물의 품질에 매우 유해할 것으로 판단된다.

참고문헌

Bing Tang (2002), "On Chemical Characterization of Asphalt Release Agents", TRITA-IP FR 02:01, Royal Institute of Technology, Sweden.
 Bing Tang, Xiaohu Lu and Ulf Isacsson (2001), "Laboratory Study on Composition and Fuming Tendency of Asphalt Release Agents", TRITA-IP FR 01:93, Royal Institute of Technology, Sweden.
 Texas Department of Transportation (2006), "Asphalt Release Agent", Tex-239-F, Texas, USA.

접 수 일: 2007. 1. 8
 심 사 일: 2007. 2. 2
 심사완료일: 2007. 3. 27