



폐폴리에틸렌 필름 재활용 아스팔트 콘크리트의 특성 분석

Evaluation of Characteristic Improvement of Waste-Polyethylene Asphalt Concrete

김 광우* · 이 상 범** · 정 승 호*** · 이 순 제**** · 이 기 호*****
Kim, Kwang Woo · Li, Xing Fan · Jeong, Seung Ho · Lee, Soon Jae · Lee, Gi Ho

Abstract

This study is a fundamental research for recycling waste polyethylene film(WPF) in asphalt concrete for roadway pavement. The objective of this study is to develop technology of making waste polyethylene asphalt mixture and evaluate properties of the asphalt concrete containing WPF. Asphalt concrete for surface course of pavement was produced through an appropriate mix-design using dense-graded and gap-graded aggregates. Marshall mix design, indirect tensile strength test, wheel tracking test and tensile fatigue test were performed. Test result showed that some WPF asphalt mixtures had a high tensile property and good resistances against rutting and fatigue cracking, compared with normal asphalt mixture.

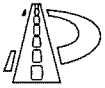
Keywords : waste polyethylene film(WPF), rutting, wheel tracking test, fatigue test, indirect tensile strength, freeze-thaw resistance, recycling.

요 지

본 연구는 폐폴리에틸렌필름(폐비닐)을 아스팔트 혼합물에 첨가하여 아스팔트 포장재료의 품질특성을 향상시키고 환경적으로 문제가 되고 있는 폐비닐을 재활용하기 위한 연구의 일환으로 수행되었다. 폐비닐 사용시 나타날 수 있는 포장체의 특성을 파악하기 위하여 국내에서 가장 많이 수거되는 LDPE 폐비닐을 사용하여 현장에서의 실용성을 고려한 건식혼합법으로 아스팔트 혼합물을 제조하였다. 제조한 혼합물에 대하여 마샬안정도 시험, 간접인장강도 시험, 반복주행시험 및 피로시험을 수행한 결과 폐비닐을 혼합한 혼합물이 일반혼합물에 비하여 인장강도가 향상되고 운하중에 의한 소성변형 저항성 및 피로균열 저항에 크게 효과적인 것으로 나타났다.

핵심용어 : 폐폴리에틸렌필름, 폐비닐, 소성변형, 반복주행시험, 피로시험, 간접인장강도, 동결융해시험, 재활용.

* 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 교수
** 정회원 · 강원대학교 석재신소재센터 박사후 연구원
*** 정회원 · 한국건설자재시험연구원 연구원
**** 정회원 · 강원대학교 석재신소재센터 연구원
***** 정회원 · 강원대학교 대학원 지역기반공학과 석사과정



1. 서론

노동비 절감을 위한 멀칭용 비닐(Polyethylene film) 이용 농업의 증가와 식생활 패턴의 변화에 따른 특용작물 재배를 위한 비닐 하우스 설치 등으로 농촌지역에서의 폐비닐(Waste polyethylene film : WPF)의 발생량은 매년 증가하고 있다. 그러나 폐비닐을 제 때에 수거·처리하지 못하기 때문에 국토의 환경훼손이 상당히 심각해지고 있다⁷⁾.

한국자원재생공사의 자료에 의하면 2000년 발생한 농업용 폐비닐은 10만톤으로 그 중 4만여톤 밖에 수거·처리하지 못하고 있는 실정이며 방치된 폐비닐 중 약 4만톤은 땅속에 묻히는 것으로 추산하고 있다⁷⁾. 비록 수거되지 못한 양이 중량으로는 얼마 안 되어 보이지만 폐비닐은 얇고 부피가 상대적으로 커서 광범위하게 국토를 오염시키고 있다. 하지만 비닐은 재활용 가능한 재료이고 반면에 방치해두면 잘 썩지도 않아 장기간 환경오염원이 된다. 그러므로 정부에서는 정책적으로 폐비닐을 수거하여 펠렛 등으로 만들어 플라스틱제품의 원료로 사용토록 하고 있으나 물량적으로 다량의 처리가 어려운 실정이다^{5,7,8)}.

이에 본 연구는 폐비닐 원료가 아스팔트 개질제로 사용되는 폴리머류의 일종으로 이를 아스팔트 혼합물에 첨가하면 유사한 개질효과를 얻을 수 있을 것이라는 점과 이를 도로포장재료로 재활용하게 된다면 다량으로 소모가 가능할 것이라는 점에 착안하여 이루어졌다. 따라서, 본 연구의 목적은 폐비닐을 도로포장재료인 아스팔트 혼합물에 첨가하여 사용함으로써 사회적으로 큰 문제가 되고 있는 폐비닐을 다량으로 재활용하는 기초자료를 제시하고자 하는 것이다.

최근 급격한 교통량의 증가로 인해 설계수명 이전에 아스팔트 포장도로에서 소성변형이나 균열 등 조기 파손현상이 발생한다. 특히 운전자의

핸들 조작을 어렵게 함은 물론 강우시 수막현상(Hydroplaning)에 의한 마찰 저항의 저하와 동절기의 결빙 등을 유발하여 안전에 큰 영향을 미치는 소성변형이 심각한 실정이다. 따라서 기존의 일반 아스팔트 포장은 개질 아스팔트나 SMA 등과 같은 특수아스팔트 포장으로 대체되고 있다.

하지만 이러한 개질·특수 아스팔트포장은 상대적으로 비용이 높아 적용에 신중을 기하게 되고 예산이 뒷받침되지 못하면 적용이 어렵다. 더구나 기술적으로 미숙한 영세 아스콘 업체에서는 특수 포장재료의 현장 적용에 어려움을 겪고 있다. 이에 본 연구에서는 폐비닐을 첨가제로 사용하여 아스팔트 혼합물을 제조하는 방법을 연구하고, 이에 대한 기초특성 분석과 소성변형 및 피로 균열 저항성 향상 여부를 일반 아스팔트 혼합물과 비교·제시하고자한다. 특히 이렇게 폐비닐을 개질제 대용으로 사용하여 개질효과를 얻는다면 폐비닐의 리사이클은 포장단계에서의 경제적인 면과 오염원제거에 따른 환경보호 면에서 큰 이득이 될 것이다⁴⁾.

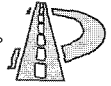
2. 재료 및 방법

2.1 사용재료

가. 바인더 및 골재

본 연구에는 우리 나라 중부지역에서 널리 사용되고 있는 AP-3(침입도 85~100)를 바인더로 사용하였다.

영서지역에서 생산되는 최대치수 19mm인 편마암골재를 사용하였으며, 잔골재는 굵은골재를 생산하는 과정에서 발생하는 부순로래(Screenings)를 사용하였다. 혼합물 시험에는 건설교통부 19mm 밀입도 규격에 적합한 입도 한가지와 굵은골재의 최대치수를 13mm로 하여 잔골재, 채움재와 혼합하여 선행 연구^{2,3)}에서 제시한바 있는 소



성변형에 강한 갭입도 한가지를 사용하였다. 입도 분포 곡선은 그림 1과 같다.

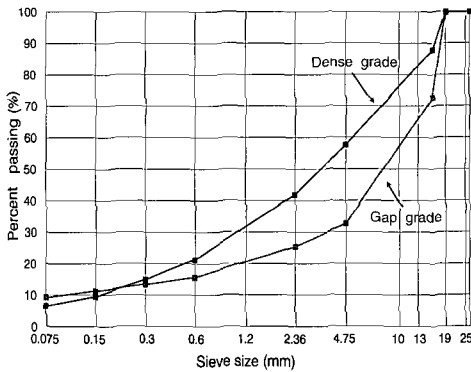


그림 1. Gradation curve of combined aggregates

나. 폐비닐(WPF)

국내에서 사용되는 비닐의 종류는 여러 가지가 있으나 가장 많은 것은 저밀도 및 고밀도 폴리에틸렌 필름(Low-density, high density polyethylene film)이며 수거되는 폐비닐의 80% 가량이 저밀도 폴리에틸렌 필름이다⁵⁾. 따라서 본 연구에서 사용된 폐비닐은 폐저밀도 폴리에틸렌 필름(Waste low-density polyethylene film)으로 이하 약자로 WPF라 명명하였다.

현재 국내의 폐비닐의 재생과정은 크게 단순재생과 복합재생으로 나뉘는데 본 연구에서 재활용하는 폐비닐은 자원재생공사에서 수거하여 10cm 이하 길이로 단순 파쇄 분리된 것을 사용하였다. 다른 형태의 재활용보다 처리공정이 간단하며 비용이 적게 들고 소각이나 매립으로 인한 환경오염 또한 줄일 수 있다⁵⁾. 사용된 폐비닐의 모양은 Figure 2에서 보여주고 있다.



그림 2. Waste low-density Polyethylene film (WPF)

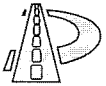
2.2 실험방법

가. 배합설계

아스팔트 혼합물의 배합설계는 마샬 방법으로 아스팔트 함량을 4.0~6.0% 또는 5.0~7.0%까지 0.5%씩 증가시키면서 최적 아스팔트 함량(OAC)을 결정하였다. 폐비닐 첨가는 별도의 프리믹싱 시설이 없는 일반플랜트에서 현장 적용할 수 있도록 하기 위하여 믹서에서 골재와 아스팔트를 혼합하기 전에 마른 비닐조각을 미리 넣고 다음에 아스팔트를 넣고 혼합하는 건식 혼합법을 이용하였다. 공시체는 KS F 2337과 ASTM D 1559의 마샬식 아스팔트 혼합물 제조방식에 의거하여 공시체 상·하 양면을 각각 50회씩 다짐하여 제작하였다. 폐비닐 첨가시 작업성 확보를 위하여 일반 혼합물의 가열온도보다 약 15℃ 더 올려 다짐하였다.

나. 마샬 안정도 시험

배합설계를 통하여 얻어진 최적 아스팔트 함량으로 공시체를 제작하여 마샬 안정도를 구하였다. 마샬 안정도는 몰드에서 탈형한 공시체를 24시간 상온에 보관 후 60℃의 수조에 30분 동안 수침시



킨 다음 수조에서 꺼내어 표면의 물기를 마른 수건으로 제거한 후 마샬 시험장비를 이용하여 측정하였다.

다. 간접인장강도 시험

간접인장강도(indirect tensile strength : ITS)는 25℃에서 측정되었으며 공시체 상하에 직경 101.6mm인 마샬공시체의 반경과 같은 곡률의 오목한 표면을 가진 폭 13mm의 금속 하중 띠를 통해 50mm/min의 속도로 하중을 재하하여 측정하였다. 또한 최대하중시의 수직변위값(mm)으로 최대하중값(kgf)을 나눈 것을 혼합물의 강성을 나타내는 지수로 보고 강성지수(Stiffness index : SI)를 구하였다¹⁾.

라. 반복주행 시험(Wheel Tracking Test)

아스팔트 콘크리트의 소성변형 저항성을 추정하기 위하여 반복주행시험을 수행하였다. 이를 위해 배합설계를 거쳐 305×305×70mm의 공시체를 롤러 콤팩터(그림 3)로 다짐하여 공극률 약 4±0.5%로 맞추어 제작하였다.

반복주행시험을 통하여 혼합물의 동적안정도(dynamic stability : DS)와 최종 침하량을 구하였다. 반복주행시험 중 LVDT로 읽어들이는 침하량을 컴퓨터를 통하여 기록하였으며 500~2500cycle 사이에서 회귀분석을 통하여 동적안정도를 구하였는데 이는 혼합물이 1mm 침하 하는데 필요한 반복횟수를 나타낸다.

제작된 공시체는 48시간 양생 후 시험온도 40℃, 50℃, 60℃에서 6시간 이상 저장 후 시험하였다. 시험온도를 40℃, 50℃, 60℃로 선택한 이유는 우리나라에서 여름철 아스팔트 포장의 온도가 가장 높은 지방이 62.5℃, 가장 낮은 지방이 44.7℃인 점을 감안하여 온도에 따른 소성변화를 파악하여 반복하중에 따른 소성변형 추세와 비교하고

자 하였다⁶⁾. 반복주행시험기는 강제바퀴를 사용하였고 지름은 200mm, 바퀴의 너비는 53mm, 차륜 축하중은 70kgf으로 고정하고 바퀴의 반복주행속도는 0.5Hz로 하였다.

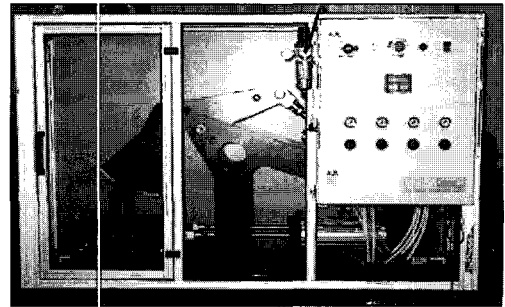


그림 3. Roller compactor for slab specimen for WT

마. 피로시험

반복되는 차량 하중에 의해 포장에 발생하는 피로균열에 대한 저항성을 비교하기 위해서 피로시험을 수행하였다. 공시체는 마샬공시체를 사용하고 그림 4와 같이 간접인장모드로 공시체에 2kgf/cm²의 수평인장응력이 발생되도록 공시체 두께를 재서 적절한 하중을 수직으로 25℃에서 가했다. 하중재하 0.1초, 휴지기간 0.9초, 속도 1Hz로 하였으며 반복횟수 증가에 따른 수평변위를 2개의 LVDT를 통해 읽었다.

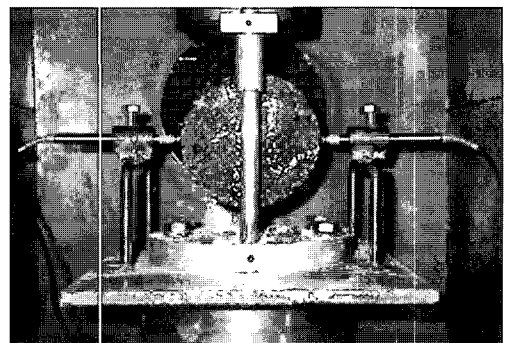
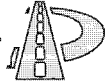


그림 4. Fatigue test setup



바. 동결융해시험

겨울철 포장은 동결과 융해를 반복적으로 거치고, 이러한 동결-융해 작용은 아스팔트 혼합물의 결합력 저하, 박리(Stripping), 저온 균열(Low thermal cracking)의 원인이 된다. 본 연구에서는 이러한 동결-융해 작용에 따른 혼합물의 특성치의 하나로 인장강도비(Tensile strength ratio by freezing-and-thawing: TSR)를 측정하였다.

동결-융해 1주기는 동결 8시간, 동결유지 4시간, 융해 8시간, 융해유지 4시간으로 총 24시간이었으며 공시체 내부의 온도는 동결유지시 -26℃, 융해유지시 +4℃로 하였다. 이와 같이 동결 및 융해 시간을 길게 한 것은 급속한 동결-융해로 인한 온도충격(Thermal shock)을 방지하고 가능한 겨울철 일일 기후 변화에 의한 자연 동결-융해 현상을 모사하기 위한 것이다. 따라서, 동결 및 융해시의 온도경사(Temperature gradient)는 ±3.75℃/hr로 시간당 온도가 비교적 완만한 3.75℃만큼 변화하도록 하였다.

각 혼합물별로 공시체를 15개씩 제작하여 무작위로 3개를 선정하여 초기 ITS를 구하고 7일, 14일, 21일, 28일 동안 동결-융해 처리한 후 매번 무작위로 3개씩 공시체를 선정하여 ITS 시험을 하고 TSR을 구하였다. 인장강도비는 다음 식(1)에 의하여 계산하였다.

$$TSR = \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots(1)$$

S_1 = 동결-융해를 거치지 않은 공시체의 간접인장강도

S_2 = 동결-융해 해당 cycle을 거친 공시체의 간접인장강도

3. 결과 및 고찰

3.1 배합설계

가. 1차 배합설계

19mm 일반 밀입도 혼합물에 페비닐 첨가량을 아스팔트 함량의 10%, 15%, 17.5%, 20%로 전식 혼합하여 아스팔트 혼합물을 제조하였다. 각 혼합물에 대한 예비시험을 통해 최적 아스팔트 함량을 결정하였는데 페비닐 첨가량 별로 결정된 최적 아스팔트 함량별 마샬특성 시험결과는 Table 1과 같다.

표 1. Marshall properties by WPF content

WPF* (%)	OAC (%)	Air void (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stability (kgf)	Flow (0.1mm)
0	5.2	4.60	16.65	72.38	1,185	29
10.0	5.7	4.39	17.53	74.97	1,324	29
15.0	5.9	4.75	18.28	74.03	1,414	31
17.5	6.0	4.51	18.29	75.35	1,460	36
20.0	6.1	4.45	18.45	75.90	1,547	34

* % by weight of total binder.

시험결과 페비닐을 첨가한 혼합물이 일반 혼합물보다 안정도가 높았고, 페비닐 첨가량이 증가함에 따라 안정도는 증가추세를 보여주고 있다. 그러나 첨가량이 증가할수록 혼합이 어렵고 페비닐이 응집형태로 존재하는 경향이 뚜렷하였다.

각 혼합물에 대해서 최적 아스팔트 함량으로 제작한 공시체의 간접인장강도(ITS) 시험 결과 간접인장강도와 강성지수(Stiffness index : SI)의 변화는 그림 5와 같다.

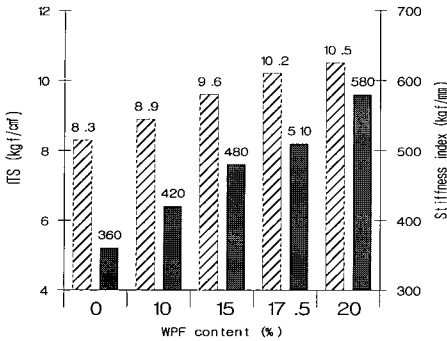
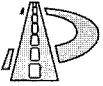


그림 5. The results of indirect tensile test and stiffness index

그림 5로부터 페비닐 첨가량이 증가함에 따라 간접인장강도도 증가함을 알 수 있었다. 일반 밀입도 혼합물에 비하여 페비닐 함량 10, 15, 17.5, 20% 혼합물은 각각 약 7, 15, 23, 27%의 인장강도 증가를 나타내었다. 이는 페비닐의 주성분이 폴리에틸렌으로서 아스팔트 혼합물의 인장강도 향상에 영향을 나타낸 것이라고 생각된다. 즉 페비닐이 상당한 개질 효과가 있다는 것을 의미한다.

각 혼합물에 대한 강성지수의 변화를 살펴보면, 그림 5에서 보듯이 페비닐 첨가량의 증가에 따라 강성지수의 증가추세를 나타내었다. 강성지수는 페비닐 첨가량 증가에 따라 각각 약 17, 33, 42, 61% 증가하였다.

나. 2차 배합설계

1차 배합설계 결과 페비닐의 함량이 증가함에 따라 성능이 향상되었다. 그러나 함량 15%부터 페비닐의 응집현상이 발생하기 시작하였는데, 응집현상은 사용되는 페비닐의 함량에 따라 변화하며 12~15%를 응집현상이 발생하는 기점으로 볼 수 있었다.

따라서 상기의 시험을 기초로 하여 LDPE 페

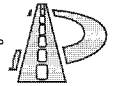
비닐 첨가량을 현장 적용성을 고려하여 페비닐의 응집현상이 발생하지 않는 최대의 첨가량 12%, 최대한 많이 사용하기 위하여 응집현상이 발생하나 사용이 가능할 것으로 보여지는 17.5%를 실내 실험용 혼합물에 최대 첨가비율로 결정하여 다음과 같은 5종류 혼합물의 배합설계를 수행하였다.

- ① 19mm 밀입도 혼합물; 페비닐 무첨가 혼합물(Control)
- ② (19mm 밀입도 + LDPE 페비닐을 아스팔트 함량의 12%) 혼합물(DL12)
- ③ (19mm 밀입도 + LDPE 페비닐을 아스팔트 함량의 17.5%) 혼합물(DL17.5)
- ④ (13mm 갭입도 + LDPE 페비닐을 아스팔트 함량의 12%) 혼합물(GL12)
- ⑤ (13mm 갭입도 + LDPE 페비닐을 아스팔트 함량의 17.5%) 혼합물(GL17.5)

배합설계를 토대로 페비닐을 첨가한 아스팔트 혼합물을 제조하여 물성시험과 마찰안정도 시험을 수행하여 그 값을 아스팔트 함량에 따른 곡선으로 표시한 후에 그래프 상에서 공극률의 범위 3~6%, 안정도 500kgf 이상, 흐름치 20~40, 포화도 70~85%를 만족하는 각각의 아스팔트 함량을 구하고 이로부터 최적 아스팔트 함량을 각각 5.2%, 5.5%, 6.1%, 5.9%, 5.8%로 결정하였다.

3.2 마찰안정도, 간접인장강도

2차 배합설계를 통해 얻어진 최적 아스팔트 함량으로 페비닐을 첨가한 아스팔트 혼합물의 공시체를 제작하여 마찰시험과 간접인장강도 시험을 수행하였다. 표 2, 3은 그 결과를 보여주고 있다. 페비닐을 첨가한 밀입도 아스팔트 혼합물은 일반 밀입도 혼합물보다 마찰안정도와 간접인장강도가 우수하게 나타났다. 반면에 갭입도 혼합물들의 안정도 및 간접인장강도는 더 낮게 나타나 기존과



유사한 결과가 나타났다.

표 2. Result of Marshall test

Property	OAC (%)	Air void (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stability (kgf)	Flow (0.1mm)
Control	5.2	3.85	15.88	75.79	1,366	29
DL12	5.5	4.20	16.72	74.89	1,518	30
DL17.5	6.1	3.84	17.63	78.22	1,732	36
GL12	5.8	3.92	16.26	75.91	1,035	32
GL17.5	5.8	4.43	18.87	76.52	877	37

표 3. Result of indirect tensile strength test

Mixtures	OAC (%)	Air void (%)	VMA (%)	VFA (%)	ITS (kgf/cm ²)	Stiffness (kgf/mm)
Control	5.2	3.75	15.80	76.26	9.3	526
DL12	5.6	4.22	16.93	75.10	9.4	428
DL17.5	6.1	3.91	17.69	77.88	13.1	795
GL12	5.8	4.04	16.37	75.31	9.4	573
GL17.5	5.8	4.80	19.19	74.98	8.1	336

하지만 갭입도 혼합물들의 경우 단순 정하중 시험인 안정도 등은 낮게 나타나지만 실제 반복 하중하에 현장성능을 반영하는 소성변형 저항성이 우수하므로 일부 갭입도 혼합물을 계속 시험을 해보기로 하였다. 따라서 배합설계를 통해 결정된 최적아스팔트 함량으로 작업성이 비교적 좋은 페비닐 아스팔트 혼합물 DL12, GL12와 Control을 포함한 3종류의 혼합물로 반복주행 (Wheel tracking) 시험을 수행기로 결정하였다.

3.3 반복주행시험

가. 동적안정도 및 최종침하량

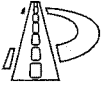
페비닐 함량별로 슬래브 공시체를 제조하여 시험온도 40℃, 50℃, 60℃에서 70kgf 하중하에 90분 동안 왕복 횟수 2700cycle로 실험하였는데 결과는 표 4, 그림 6~8과 같다.

표 4. Dynamic stability(DS) and final depth in wheel tracking test

Property		Mixtures		
		Control	DL12	GL12
40℃	DS (cycle/mm)	2,850	3,361	6,802
	Final depth (mm)	2.28	0.97	0.71
50℃	DS	218	3,030	5,449
	Final depth	17.12	2.09	1.25
60℃	DS	140	1,886	6,864
	Final depth	22.25	3.07	1.65

40℃에서 일반 밀입도(Control)는 최종적으로 2.28mm 침하하였지만 DL12는 0.97mm, GL12는 0.71mm로 침하가 거의 일어나지 않았다. 또한 50℃, 60℃에서도 Control, DL12, GL12 순으로 침하 깊이가 커 페비닐을 첨가한 아스팔트 혼합물이 일반 밀입도 혼합물보다 소성변형이 현저히 줄어드는 것으로 보아 페비닐이 아스팔트 혼합물에 상당한 개질 효과가 있음을 알 수 있었다.

소성변형이 가장 크게 나타나는 60℃ 시험결과인 그림 8에서 초기압밀 과정인 500cycle 정도 지난 후 Control, DL12, GL12 순으로 침하량 곡선의 기울기가 크므로 페비닐을 첨가한 아스팔트 혼합물이 소성변형 저항성이 우수함을 알 수 있었다. 일반 혼합물과 페비닐 첨가 혼합물의 기울기 차이는 컸으며 특히 갭입도 혼합물이 곡선의



기울기가 다른 혼합물에 비하여 더 낮아 밀입도 혼합물보다 갭입도 혼합물이 소성변형 저항성에 효과적임을 확인할 수 있었다.

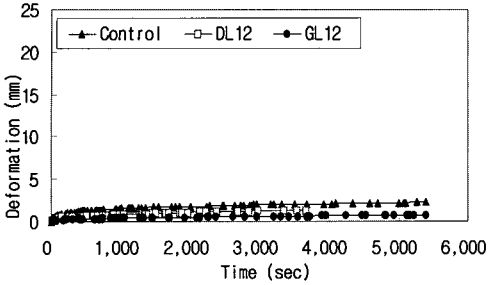


그림 6. Results of wheel tracking test at 40°C

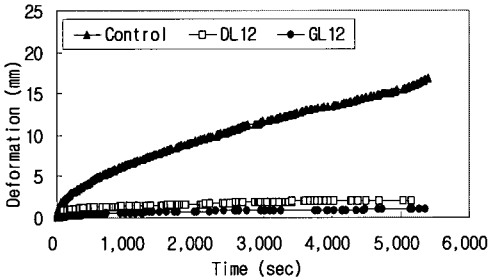


그림 7. Results of wheel tracking test at 50°C

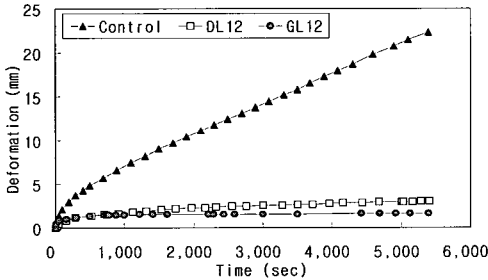


그림 8. Results of wheel tracking test at 60°C

그림 9는 피로시험 결과를 수평변위-하중 반복 횟수 곡선으로 보여준다. 시험결과 피로수명은 DL12가 가장 길고 GL12와 Control은 훨씬 짧은 것으로 나타났다. GL12의 경우 Control보다 다소

길지만 DL12보다는 훨씬 짧아 반복주행시험에서 우수한 갭입도 혼합물이 피로시험에서는 그렇지 못해 현장에서 소성변형에는 강하나 균열에는 약할 것임을 시사한다. 따라서 갭입도 혼합물의 경우 소성변형은 물론 균열에도 보다 강하게 하려면 바인더 함량을 다소 높여야 할 것으로 보인다.

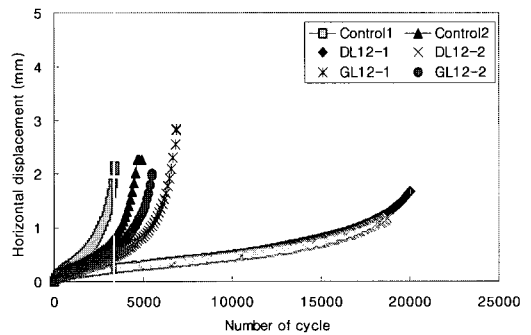


그림 9. Fatigue life of various mixtures

혼합물의 동결 용해 시험결과는 그림 10과 같다. DL12의 경우 동결-용해 4주가 지나도 인장강도 비율이 80% 이상을 유지해 Control보다 더 우수하였으나 GL12는 그렇지 못했다.

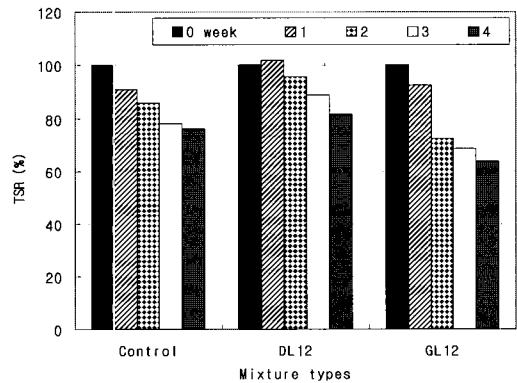
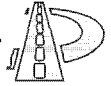


그림 10. Freezing and thawing test results of mixtures

즉, 밀입도 혼합물의 동결 용해 저항성이 갭입



도보다 우수하게 나타났고, 밀입도 혼합물에서는 페비닐을 첨가한 혼합물이 더 우수하게 나타났다. 갭입도 혼합물의 경우 동결-융해 1주 후까지는 일반 밀입도 혼합물보다 우수하였으나 1주와 2주 사이에서 큰 강도 저하를 보여주고 있는 점이 특이하며 향후 이에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

4. 결론

본 연구는 페비닐을 아스팔트 혼합물에 첨가하여 재활용하였을 경우 나타나는 혼합물의 특성을 파악하기 위하여 건식 혼합법으로 아스팔트 혼합물을 제조하고 배합설계를 통하여 페비닐의 첨가량 범위를 결정하고 최적아스팔트 함량으로 제조된 아스팔트 혼합물에 대한 각종 시험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 건식 혼합법에 의한 페비닐 첨가 아스팔트 혼합물의 배합설계결과 국내규정의 포층용 아스팔트 콘크리트의 설계기준에 적합하도록 제조할 수 있었으며, 밀입도의 경우 페비닐 첨가량 증가에 따라 마찰안정도와 간접인장강도가 일반 혼합물에 비하여 증가추세를 나타내는 것을 알 수 있었다.
2. 페비닐의 함량이 증가함에 따라 성능이 향상되나 약 15%부터 페비닐의 응집현상이 발생하기 시작하여 본 연구에서와 같이 믹서에 직접 투여시 현장에서의 실용성있는 함량은 아스팔트량에 12% 이내인 것으로 판단되었다.
3. 반복주행 시험결과 페비닐을 첨가한 혼합물이 소성변형 저항성이 크며 특히 갭입도 혼합물이 일반 밀입도 혼합물과 페비닐을 첨

가한 밀입도 혼합물에 비하여 소성변형 저항성에 효과적인 것으로 나타났다.

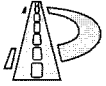
4. 피로시험 결과 페비닐 밀입도 혼합물의 피로수명이 월등히 향상되었으며 갭입도 혼합물은 그 효과가 상대적으로 낮았다. 따라서 갭입도 혼합물은 소성변형에는 유리하나 균열에는 밀입도에 비해 상대적으로 약할 것으로 추정되어 아스팔트 함량 조정에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.
5. 동결융해시험 결과 페비닐 첨가 밀입도 혼합물의 인장강도가 4주 동결-융해 처리후에도 80% 이상이 유지되어 갭입도보다 우수하게 나타났다.
6. 향후 다른 개질제를 사용한 혼합물과의 비교 연구, 습식혼합 페비닐 아스팔트 혼합물 등에 대한 연구를 통해 보다 실용화된 제조법 개발이 필요할 것이다. 이렇게, 페비닐을 도로포장재료로 재활용하게 된다면 심각한 문제가 되고 있는 환경오염원의 제거 및 개질아스팔트를 대체하는 경제적 효과를 기대할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단지정 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터의 지원에 의하여 이루어진 연구입니다.

참고문헌

1. 김광우, 안경애, 도영수, 조희원, 정규동, 이상범(1997a). "내변형 폴리머 개질 아스팔트 혼합물의 개발." 연구보고서 제 2집, 강원대학교 석재복합 신소재 연구센터



2. 김광우, 이상범, 이지용, 이석홍(1998), "골재간의 접촉을 통한 아스팔트 혼합물의 변형제어 연구." 대한토목학회논문집 제 8권 III-4호.
3. 김광우, 최영규, 조희원 (1997b), "국내 폴리머를 이용한 아스팔트 혼합물의 특성". 대한 토목학회 논문집, vol. 17, No. III-2.
4. 김광우 등 (2000), "농촌도로 포장재료로 농업용 폐비닐의 재활용 연구", 농림부, 2차년도 최 중보고서
5. 김영식 등 (1997), "농업용 멀칭 폐비닐 건식 처리 공정 개발에 관한 연구." 한국자원재생공사 연구보고서.
6. 김도형, 강진수, 정승용, 김수삼, 박기근 (1996), "현장계측을 통한 국내 아스팔트포장의 온도변화와 예측에 관한 연구." 대한토목학회 학술발표회 논문집 제 2권, 대한토목학회, 11월 2일, pp 37-40.

(접수 : 2001. 9. 7)